GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

OPEN FILE 2366

Report of the External Advisory Committee to the Geological Survey of Canada for geophysics

H.O. Seigel,
Chairman

July 1989

92-00256/

INDEX

		Page
1.0	Executive Summary	1
1.1	Introduction	13
1.2	The Committee	14
1.3	Committee Terms of Reference	15
1.4	Operation of the Committee	15
1.5	Summary of Committee Activities	16
1.6	A Moving Target	17
1.7	Acknowledgements	17
2.0	GSC Geophysical Organization and Activities, circa 1988	18
2.1	Geophysics in the GSC	18
2.2	Role of Research at the GSC23	20
2.3	Balance of Geophysical Activities Related to GSC Mission	23
3.0	Discipline Related Issues	25
3.1	Earthquake Seismology	25
3.2	Geodynamics	27
3.3	Crustal Seismology and Electromagnetic Geophysics	29
3.4	Gravity	31
3.5	Paleomagnetism	32
3.6	Geomagnetism	33
3.7	Applied Geophysics	35
3.7.1	Skyvan Aeroplane	36
3.7.2	Terrain Geophysics Section	37
3.7.3	Radar Group	38
3.7.4	Electrical Methods Section	39
3.7.5	Instrumentation R&D Section	39
3.8	Instrumentation Sections, Geophysics Division	40
3.9	Geothermal	41
3.10	Tectonic Modelling	42
4.0	Organization Related Issues	43
4.1	Mission or Discipline-Based Organization	43
4.2	Geophysics in Four (Sub) Divisions	46
4.2.1	Institute of Sedimentary and Petroleum Geology	47
4.2.2	Cordilleran and Pacific Geoscience Division (Vancouver Office)	48
4.2.3	Pacific Geoscience Centre	49
4.2.4	Quebec Geoscience Centre	51
4.3	Aeromagnetics	52
4.4	Multiuser Geophysical Equipment	53
5.0	Management Related Issues	54
5.1	Major Project Management	54
5.2	Dollar and Person Year Budgets	56
5.3	Effective Utilization of Resources	57
5.4	Personnel Recruitment	58
5.5	Personnel Review and Advancement	60

		Page
5.6	Management Training	60
5.7	Morale of Geophysicists	61
5.8	Lack of Support Staff	63
6.0	Product Related Issues	63
6.1	Publication of Data	63
6.2	Basin Atlases	65
6.3	Archiving of Digital Data	66
6.4	Digital Information Standards	67
6.5	National Data Bases	68
6.6	High Speed Data Transmission	69
6.7	High Capacity Computer Support	70
7.0	New Directions and Changing Emphasis	71
7.1	Continental Drilling Program	71
7.2	Megathrust Earthquake Risk	72
7.3	Global Change	72
7.4	Remote Sensing	74
7.5	Base Metals Emphasis	75
7.6	Rock Properties Lab	76
8.0	Standing External Advisory Committee for Geophysics	78
	References	79

REPORT OF THE EXTERNAL ADVISORY COMMITTEE TO THE GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA FOR GEOPHYSICS

1.0 EXECUTIVE SUMMARY

The merger of the Geological Survey of Canada with the Earth Physics Branch of the Earth Sciences Sector of the Department of Energy, Mines and Resources in April 1986, the division of the new organization into four branches, and shifts in emphasis in the type of work being conducted have justified the creation of a Committee to review the status of geophysical activities presently being conducted.

This report covers the general aspects of geophysics in the GSC, geophysical discipline related issues, those related to organization, management, and output products, and finally, suggests new or expanded initiatives for the future. A summary of the major findings is presented below, in the form of both primary and secondary recommendations.

The abridged versions of the recommendations in this summary are referenced with the section numbers from the body of the report. Complete recommendations, including supporting discussions are found only in the body of the report.

THE ROLE OF GEOPHYSICAL RESEARCH IN THE GSC (2.2)

Primary Recommendation

The GSC should continue to engage in geophysical research activities which are pertinent to its mission. Whenever possible, these should complement activities in the private and academic sectors. Collaborative research should be encouraged.

Secondary Recommendations

1. In general, the GSC should undertake R&D projects in geophysics relating to new technology (methodology) development, new methods of data processing, interpretation and presentation, and in the conduct of experimental surveys intended to test the application of new instrumentation or technology under known geological conditions in Canada.

2. The GSC should work in consort with private sector parties to facilitate geophysical instrument development of common interest, through acting as a catalyst in support of funding from other government and governmental sources. The GSC should only engage unilaterally in instrument development as required to support its primary research programs and then only if the appropriate capability does not reside within industry.

BALANCE OF GSC ACTIVITIES RELATED TO GSC MISSION (2.3)

Primary Recommendation

The GSC should evaluate and, if necessary, redirect its activities so that there is a balance in emphasis in the geoscience fields related to support of the various resource based industries.

Secondary Recommendations

1. Except where special arrangements with other agencies are made, mapping projects should not be conducted at a scale that will allow direct and immediate use in exploitation of resources.

2. The GSC should establish a series of guidelines for geophysical mapping scales for routine surveys. Guidelines for more detailed mapping projects, including appropriate scales and criteria to be met to justify such projects, should also be developed.

EARTHQUAKE SEISMOLOGY (3.1)

Primary Recommendation

The National Seismograph Network must continue its 24 hour per day, 365 day per year monitoring function. Also, this National Program should be exempt from the 10% 'sunset' item recommended by this Committee (see Section 5.2).

Secondary Recommendations

1. The Committee recommends that the National Seismograph Network be provided with the resources to continue and enhance its plans for upgrading the network to digital standards.

2. The balance of seismological research and monitoring effort between GD and PGC is not appropriate to the balance of seismic activity, hazard and risk; this should be rectified. Reallocation of personnel and funds in seismology is recommended.

3. The "West Coast Megathrust Earthquake" project has been proposed, to launch a major research effort related to possible subduction thrust earthquakes with magnitudes greater than 8. The Committee fully endorses this initiative and its need for new resources.

4. The Committee recommends that the GSC address the lack of continuing Canadian expertise in earthquake seismology by providing incentives to graduate students and by supporting university research.

GEODYNAMICS (3.2)

Primary Recommendation

Strengthen the western Canadian geodynamics program by transferring appropriate personnel from eastern Canada to PGC and recruiting qualified young scientists whenever possible.

Secondary Recommendations

1. Increase the effort in local geodynamics programs by transferring some resources from the global program.

2. Continue coordination of activities with the Geodetic Survey of Canada and expand such activities as required for crustal deformation measurements, particularly on the west coast, but including also other earthquake prone areas in eastern Canada.

3. Maintain the GD's VLBI effort and its collaborative research with two universities and the Geodetic Survey; focus the principal global geodynamics effort on VLBI.

4. Phase out optical efforts in geodynamics (with the possible exception of leveling to study post-glacial rebound).

GRAVITY (3.4)

Primary Recommendation

The national program of regional gravity measurements should be continued, with at least the current level of resources, until the Gravity Anomaly Map of Canada is complete.

Secondary Recommendations

1. All budget items associated with these regional surveys should be consolidated within the GD to ensure effective and efficient use of the resources.

2. The program of absolute gravity measurements should be maintained to ensure the viability of the national gravity network; however, there needs to be improved integration with problem-oriented studies such as geodynamical crustal deformation.

3. Personnel in the Applications Section should continue to strive for, and be assigned, more scientific problems to address, including acting as research collaborators with scientists in other divisions who could utilize their expertise.

4. Remote access to the computer facilities in the GD data centre should be improved for its effective utilization from remote sites.

PALEOMAGNETISM (3.5)

Primary Recommendation

The two paleomagnetic laboratories, one at LCSD and one at PGC should be maintained. However, the two separate laboratories within LCSD should be combined and located on Booth Street where there are opportunities for close interaction with geologists.

Secondary Recommendations

1. The group at PGC should be expanded. The Committee recommends that the two vacant paleomagnetic positions and one technical support position in Ottawa should be transferred to PGC.

2. The advances in automation of paleomagnetism measurements made at PGC should be implemented in the LCSD group to increase the efficiency of the latter.

3. The Committee recommends that, if a comprehensive rock properties laboratories laboratory is established, the paleomagnetic group in Ottawa should form one component of it.

4. The GSC should address the problem of recruitment in paleomagnetism by providing incentives to graduate students and, whenever possible, supporting university research involving students.

THE SKYVAN AEROPLANE (3.7.1)

Primary Recommendation

The Skyvan aeroplane should be retained as a platform for the purposes for which it is currently being utilized.

Secondary Recommendations

1. Its complement of geophysical instrumentation should be broadened to include a vertical magnetic gradiometer, and possibly an airborne gravity meter.

2. The Skyvan should not be used for systematic surveys of large areas; these should be contracted out to the private sector.

3. To ensure that the Skyvan can be quickly mobilized as a quick response tool in the event of a nuclear incident to map the distribution of radioactive contamination, an annual "fire drill" should be called without warning.

THE TERRAIN GEOPHYSICS SECTION (3.7.2)

Recommendation

The Terrain Geophysics Section should be moved into the Exploration Geophysics Sub-Division of the MRD to relate closely with the Electrical Methods Section in respect of solving problems of interest to natural resource development.

THE RADAR GROUP (3.7.3)

Primary Recommendation

The Radar Group should be transferred to the Exploration Geophysics Sub-Division of the Mineral Resources Division, to be combined with the shallow seismic group of the Terrain Geophysics Section.

Secondary Recommendation

The combined technical resources of the Terrain Geophysics Section and Radar Group should be utilized in multidisciplinary programs relating to the GSC's mandate.

THE ELECTRICAL METHODS SECTION (3.7.4)

Primary Recommendation

If the GSC becomes involved in "geosphere" problems associated with Global Change (problems in groundwater and toxic waste disposal), the expertise of this section should be utilized toward the study and resolution of such problems.

Secondary Recommendation

If this does not occur, the PY and budget resources should be transferred to LCSD. The electrical methods specialists should be integrated into the Potential Field Section; the personnel in the rock properties laboratory should be combined with those in the Paleomagnetism Section to form the nucleus of a national Rock Properties Lab.

THE INSTRUMENT DEVELOPMENT SECTION, MRD (3.7.5)

Primary Recommendations

1. The current programs relating to instrumentation development should be terminated as soon as possible.

2. The instrumentation capabilities of this section should be devoted to the maintenance and improvement of the Skyvan airborne installation, and the maintenance of ground equipment owned by the Exploration Geophysics Sub-Division.

Secondary Recommendations

1. This section should cultivate and establish closer ties to the Canadian industry for instrumentation development, and to the universities for basic research. They could provide a useful catalyst for the development of funding from other governmental agencies for support of research in industry, e.g., through the IRAP program.

2. This section should cooperate with industry in the testing of new geophysical instruments, to determine their effectiveness over areas of known geology.

ORGANIZATIONAL ISSUES (4.0)

MISSION OR DISCIPLINE-BASED ORGANIZATION (4.1)

Primary Recommendation

In order for the GSC to maintain technical competence in many diverse geophysical disciplines, the Committee recommends that a basic, matrix style of organization be created, through the addition of a discipline-oriented network.

Secondary Recommendations

1. A key element in the maintenance of technical competence will require that the position and title of Chief Geophysicist be revived.

2. To support the Chief Geophysicist, Consultants in each major technical area would be appointed to monitor the quality of the science carried out in their speciality.

GEOPHYSICS IN FOUR (SUB) DIVISIONS (4.2)

INSTITUTE OF SEDIMENTARY AND PETROLEUM GEOLOGY (4.2.1.)

Recommendation

Increase the geophysical staff of ISPG to a level which is more appropriate to the needs of its scientific programs.

CORDILLERAN AND PACIFIC GEOSCIENCE DIVISION -VANCOUVER (4.2.2)

Recommendation

In keeping with the GSC's stated objectives of multidisciplinary studies and the scientific needs of the programs within the Cordilleran Subdivision, the Committee recommends that its geophysical staff be increased to a level commensurate with the needs of the group.

CORDILLERAN AND PACIFIC GEOSCIENCE DIVISION - PACIFIC GEOSCIENCE CENTRE) (4.2.3)

Primary Recommendation

Raise PGC to the status of a Division with its own Director.

Secondary Recommendations

1. Resources from other divisions should be reallocated to PGC such that its scientific role will be enhanced.

2. Encourage closer cooperation in all aspects (technical, equipment, scientific, personnel) between AGC and PGC.

THE QUEBEC GEOSCIENCE CENTRE (4.2.4)

Recommendation

The ratio of geologists to geophysicists at QGC should be similar to that in the GSC.

AEROMAGNETICS (4.3)

Primary Recommendation

Retain the responsibility for contracting out, data processing and presentation of the aeromagnetic surveys in the Geophysics Division.

Secondary Recommendations

1. Take positive steps to promote good technical communication between those staff members involved in magnetic analysis and interpretation, and their counterparts in all other divisions who are involved in magnetic analyses and interpretation.

2. The dollar budgets for completion of the regional aeromagnetic coverage of Canada should be administered by the Geophysics Division.

MULTIUSER GEOPHYSICAL EQUIPMENT (4.4)

Recommendation

The Chief Geophysicist, after consultation with all interested geophysicists, should approve the purchase of all major geophysical equipment and, on an annual basis, create a schedule for usage of such equipment.

MANAGEMENT RELATED ISSUES (5.0)

MAJOR PROJECT MANAGEMENT (5.1)

Primary Recommendations

1. Formal project management should be established as a routine policy in the GSC. Each project should have clearly stated objectives, a target date for completion and milestones against which progress is measurable.

2. For multidisciplinary projects a project manager should be designated as responsible for the entire project, with clearly defined lines of authority and responsibility.

Secondary Recommendations

1. The Project Manager should have defined supervisory authority. He should prepare an overall plan and, if necessary, a plan for the year, for approval by GSC management.

2. The resources required should be made available by the Divisions involved with the Directors assisting the Project Manager in ensuring that the personnel and equipment assigned are available when required and that data analysis, interpretation and the final report are completed in a timely fashion. All personnel assigned should be made responsible to the project manager for their part of the project.

3. The Directors General should be charged with the responsibility of reviewing the status of each project at regular intervals to ensure that the goals are being met.

DOLLAR AND PERSON-YEAR BUDGETS (5.2)

Recommendation

With the exception of certain national programs, such as the seismograph and geomagnetic observatory networks, as well as the national aeromagnetic and gravity mapping programs, each year 10% of the dollar and PY budget of each division should be "sunsetted", for possible reallocation to other projects and/or other divisions.

EFFECTIVE UTILIZATION OF RESOURCES (5.3)

Primary Recommendation

Establish a policy for maximum utilization of human and material resources across the GSC through mobility of these resources on a project/need basis.

Secondary Recommendations

1. Individual DG's, directors and subdivision heads, should be encouraged to borrow or second personnel and equipment in order to get better utilization thereof, across the GSC, to avoid duplication of specialization and scarce resources, and to improve communication, team spirit and technical standards.

2. As part of general technical communication, the Chief Geophysicist should prepare a detailed listing of human resources (with areas of expertise) and material resources in geophysics, and circulate these to all GSC personnel.

PERSONNEL RECRUITMENT (5.4)

Primary Recommendation

The GSC should become more proactive in development Canadian expertise at the Ph.D. level, particularly in fields which have been identified as lacking qualified applicants.

Secondary Recommendations

1. The GSC should expand its Research Agreements programs in geophysics, paying particular attention to those fields where it perceives a distinct need; and the grants should be advertised more widely, so that students are more aware that the research is being supported by the GSC.

2. The GSC could initiate a Ph.D. Fellowship program and enhance its postdoctoral fellowship program, "Visiting Fellowships in Government Laboratories".

3. GSC geophysicists who are good speakers and have exciting topics should regularly give talks at university earth science departments, particularly to undergraduate groups, to demonstrate the excitement and opportunities that are available; and also give talks of a more research nature to graduate students and faculty, as is frequently done now.

4. The GSC should continue and enhance its visibility at international conferences through appropriate presentations in order that young foreign scientists continue to be aware of the quality of research in geophysics and the opportunities offered by employment with the GSC.

PERSONNEL REVIEW AND ADVANCEMENT (5.5)

Primary Recommendation

The Chief Geophysicist should be involved in all reviews of geophysical staff.

Secondary Recommendation

The GSC should examine its current criteria for advancement to ensure that all types of professional activities are considered, including those which would not be expected to produce publications.

MANAGEMENT TRAINING (5.6)

Primary Recommendation

The GSC should develop a comprehensive training and replacement plan for supervisors at all levels.

Secondary Recommendations

1. The desirability of supervisory jobs should be enhanced by increased management communication, increased authority, personal perks, etc.

2. Training in project management, management theory, human relations and other supervisory skills should be provided to all scientists acting as project managers or supervisors.

LACK OF SUPPORT STAFF (5.8)

Recommendation

Determine the percentage of time that each Research Scientist spends on support staff type activities, establish desirable ratios of scientist/support staff for specific groups of scientists, and modify present hiring policies to attain these ratios.

PRODUCT RELATED ISSUES (6.0)

PUBLICATION OF DATA (6.1)

Recommendations

GSC should ensure that the highest quality is maintained for all published data, not just written reports and maps, through internal review procedures which should provide critical assessment and positive suggestions for betterment.

BASIN ATLASES (6.2)

Primary Recommendation

The Basin atlas format of GSC publication is strongly recommended.

Secondary Recommendations

1. Each Division should review its current inventory of information with the object of publishing a continuing series of atlases over the next decade.

2. In the interest of expediency, (unless prohibited by official government policy), these atlases should be published in either of the official languages while the translation into the second language is undertaken.

ARCHIVING OF DIGITAL DATA (6.3)

Recommendation

The Chief Geophysicist should review the present procedures for cataloguing and archiving of digital data and, in cooperation with the Divisions, establish thorough cataloguing procedures and designate proper archiving locations.

DIGITAL INFORMATION STANDARDS (6.4)

Primary Recommendation

Standards for computer and software acquisition and software development, and digital data bases should be set up and maintained. A committee with representatives from each Division and the Chief Geophysicist should be formed to establish these standards.

Secondary Recommendations

When standards are established, this Committee should review all proposals for purchase, development or output in the digital area to ensure that they are being followed.

NATIONAL DATA BASES (6.5)

Recommendation

Specification for collection and distribution of data for national geophysical data bases should continue to be reviewed periodically by a group representing the GSC and outside experts, to ensure that they meet the needs of the end users.

HIGH SPEED DATA TRANSMISSION (6.6)

Recommendation

The GSC should study its data communication requirements with the view to setting up high capability transmission facilities to serve the needs of its earth scientists, should the study prove to be cost-effective.

HIGH CAPACITY COMPUTER SUPPORT (6.7)

Primary Recommendation

The digital standards committee should also study computer needs in the GSC and devise a cost effective plan that will provide computer support required by GSC geophysicists.

Secondary Recommendations

1. The use of the Convex computer already owned by the GSC for geodynamic, gravity and magnetic modelling, etc., should be evaluated.

2. It is suggested that the Lithoprobe Seismic Processing Facility be utilized, at least on an interim basis, for processing seismic data.

NEW DIRECTIONS AND CHANGING EMPHASIS (7.0)

CONTINENTAL DRILLING PROGRAM (7.1)

Recommendation

Extensive surface geophysical work should be done around any area on which such drilling is contemplated. After the drilling, the hole should be logged using a variety of standard logging tools and offset VSP measurements should be made.

MEGATHRUST EARTHQUAKE (7.2)

Recommendation

The Committee strongly endorses the proposal to evaluate the risk of a mega-earthquake in southwestern B.C.

GLOBAL CHANGE (7.3)

Recommendation

The GSC should evaluate the application of its present geophysical resources to the problems posed by "Global Change".

REMOTE SENSING (7.4)

Recommendation

In order to more fully utilize remote sensing techniques in GSC mapping projects, a formal liaison committee should be established, through the office of the Chief Geophysicist with the Remote Sensing Branch to review geological mapping projects to see where these techniques could be of value.

BASE METALS EMPHASIS (7.5)

Recommendation

This Committee strongly supports the initiative recently taken by the GSC, to devote 10% of the annual budget of the Mineral Resources Division to the advancement of the science of mineral exploration. The studies undertaken must be multidisciplinary and should be done in consort with the private sector and universities.

ROCK PROPERTIES (7.6)

Primary Recommendation

The GSC should establish a national data base of rock properties to serve the needs of all earth scientists.

Secondary Recommendations

1. The initial task should be to catalogue and archive existing data.
2. The rock properties lab could be combined with the Paleomagnetic Section of LCSD.
3. The assistance of the Canadian geoscience community should be solicited in the establishment of this function.

STANDING EXTERNAL ADVISORY COMMITTEE FOR GEOPHYSICS (8.0)

Recommendation

The Committee recommends that a standing External Advisory Committee to the GSC for Geophysics should be established. Its constitution should provide for the rotation of members (e.g., 1/3 to 1/2 each year) and a sunset clause for the Committee as a whole.

1.1 INTRODUCTION

In April 1986, the 'new' Geological Survey of Canada was formed through the amalgamation of the 'old' Geological Survey of Canada Branch and the Earth Physics Branch of the Earth Sciences Sector of the Department of Energy, Mines and Resources. Following that amalgamation, in April 1987, the previous Earth Sciences Sector was dismantled and the 'new' Geological Survey of Canada was raised to the status of a Sector, with its head being an Assistant Deputy Minister. Simultaneously, the GSC Sector was divided into four branches (Sedimentary and Marine Geoscience; Continental Geoscience and Mineral Resources; Geophysical Surveys, Hazards and Terrain Sciences; and Programs, Planning and Services), each with its own Director-General. Within each Branch, the major units are Divisions, each headed by a Director. Further subdivisions occur within each division. A brief review of these developments is given by Price (Geotimes, December 1987, p. 4).

Just prior to the amalgamation, the Earth Physics Branch had undergone a review by the "Garland Committee", resulting in a report published through the Canadian Geoscience Council (Garland, 1987). However, the report was published after the amalgamation. As such, the first five pages of Paper 87-24 include a section titled "Response to Report of the Canadian Geoscience Council on the Earth Physics Branch" in which replies to the 26 recommendations of the Garland Committee are given.

Since the Earth Physics Branch has been incorporated into the present Geological Survey of Canada, the contents of GSC Paper 87-24 provide a detailed consideration of the state of much of EMR's geophysical effort to about 1986. The paper provides some background history and includes a major section resulting from a survey of users. It also presented consideration of the linkages between EPB, government institutions, industry and university. This Committee has made no effort to duplicate the contents of the Garland report and recommends it to the reader for an earlier perspective of the major component of geophysics at the present GSC.

1.2 THE EXTERNAL ADVISORY COMMITTEE TO THE GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA FOR GEOPHYSICS

The Garland report recommended that:

> ". . . a committee, of similar structure to the present Review Committee but with the addition of representation from mining geophysics, be established to have ongoing missions of assisting the Branch to develop programs and review progress." (Garland, 1987)

The GSC response to this recommendation was:

> "The principle of establishing an External Advisory Committee to the GSC for Geophysics has been accepted and invitations will be issued in late 1986. Representation from industry, universities and international agencies will be sought." (Garland, 1987)

The External Advisory Committee to the Geological Survey of Canada for Geophysics (hereinafter referred to as "the Committee") was appointed in 1987 by Dr. R. A. Price, Assistant Deputy Minister, Geological Survey of Canada Sector using the following guidelines:

The Committee will consist of 9 members, 3 representing Canadian industry, 2 representing Canadian universities, 3 representing the international geophysical community, and 1 representing provincial government agencies. The members of the Committee, including its Chairman, will be nominated by the Canadian Geoscience Council and appointed by the Assistant Deputy Minister responsible for the Geological Survey of Canada. The members of the Committee and their affiliations are:

Dr. H. O. Seigel, Chairman
Scintrex
Concord, Ontario

R. B. Barlow
Ontario Geological Survey
Toronto, Ontario

Dr. R. M. Clowes
University of British Columbia
Vancouver, B.C.

W. E. Davitt
Chevron Canada Resources
Calgary, Alberta

Dr. W. Kaula
University of Los Angeles
Los Angeles, California

Dr. J-P. Mareschal
Universite de Quebec a Montreal
Montreal, P.Q.

Dr. R. Masse
United States Geological Survey
Denver, Colorado

Dr. J. E. Oliver
Cornell University
Ithaca, New York

M. C. Jobin
Dighem Surveys & Processing Inc.
Mississauga, Ontario

1.3 COMMITTEE TERMS OF REFERENCE

The purpose of the Committee is to advise the Geological Survey of Canada Sector of the Department of Energy, Mines and Resources, on the scope and effectiveness of its geophysical activities, including observatory networks, national surveys, exploration geophysics, terrain geophysics and other fields of applied geophysics, international liaison, geophysical instrumentation and technology development. Recommendations should be limited to areas in which the Assistant Deputy Minister is empowered to act, but observations and comments on broader issues would be appreciated.

The Committee will examine: a) the products or outputs of the geophysical activities of the Geological Survey of Canada, both published information and internal reports; b) the research facilities at Dartmouth, Nova Scotia; Ottawa, Ontario; Calgary, Alberta; Vancouver and Sidney, B.C., and perhaps some of the other observatory facilities as well; c) the program planning and management system for the geophysical activities in the Geological Survey as a whole; and d) the human resources development plans and practices. It will submit, within two years, a report suitable for publication by the GSC and CGC, to the Assistant Deputy Minister. It will consider the advisability of establishing a Standing External Advisory Committee on Geophysics to the GSC.

The Committee will recommend changes that may be necessary to best respond to the needs of the Canadian government and the users of the services supplied by the GSC.

1.4 OPERATION OF THE COMMITTEE

The first meeting of the Committee was held in Ottawa on December 1-2, 1987 in Ottawa. A comprehensive review of the geophysics activities of the GSC was presented by the Assistant Deputy Minister, the Directors General and the Directors. The Committee toured the geophysical laboratories and viewed the displays at 601 Booth Street, 401 Lebreton Street, and at the Geophysics Division on Observatory Crescent. The Committee held its first organizational meeting to formulate a plan of attack and examine the technical expertise resident within the Committee.

The major elements of the review plan developed were:

- Visit all sites of significant GSC geophysical activity to evaluate programs being conducted and to solicit voluntary contributions from all GSC scientists either in writing or through personal interviews with Committee members during these visits.

- Utilize previous user surveys such as those conducted by Slind (1988), Devenny and Jardine (1986) and Garland (1987) to evaluate the user community response to the work being carried out by the GSC in the area of geophysics.

- Examine the activities of the GSC within each Division by major project, and evaluate the contribution and relevance of the geophysical component.

- Examine relationship of GSC geophysics component with external organizations including federal departments, provincial geological surveys, international organizations, Canadian industry.

- Obtain statistics on the utilization of products produced by the GSC. Examine a random sample of these.

- Obtain internal planning documents relating to individual projects involving geophysics.

The Committee also developed some additional guidelines:

- The final report must conform to the GSC mandate. According to the GSC Long Term Plan for 1987/8 to 1991/2, the Activity Objectives of the GSC are defined as follows:

> "To ensure the availability of comprehensive geological, geophysical and geochemical knowledge, technology and expertise concerning the Canadian landmass, including the underlying solid earth, offshore areas, mineral and energy resources and the conditions affecting land and seabed use, as required for effective exploration of mineral and energy resources, estimation of the resource base of Canada, land use, public safety and security and formulation of policies." (Internal GSC document)

- The report should have a high probability of being implemented. This will mean getting prior agreement, insofar as possible, with the ADM, DG's and Directors.

- Insofar as possible, recommendations should entail a re-allocation of resources, not an increase of resources.

- The special nature of geophysics as a discipline within the GSC should be clearly documented.

A schedule of visits to sites outside of Ottawa was also developed, and a coordinator for each visit appointed.

1.5 SUMMARY OF COMMITTEE ACTIVITIES

The Institute of Sedimentary and Petroleum Geology was visited by W. E. Davitt (Coordinator) and Dr. R. M. Clowes on February 8, 1988; the Atlantic Geoscience Centre, by Dr. J-C. Mareschal (Coordinator), Dr. R. M. Clowes, W. E. Davitt, Dr. R. Masse, and Dr. H. O. Seigel on April 25 and 26, 1988; the Cordilleran and Pacific Geoscience Division and the Pacific Geoscience Subdivision, by Dr. R. M. Clowes (Coordinator), W. E. Davitt, Dr. W. Kaula, Dr. R. Masse, Dr. J-C. Mareschal, and Dr. H. O. Seigel on May 12 and 13, 1988; and the Divisions utilizing geophysics in Ottawa, by the entire Committee except R. B. Barlow on June 22-24, 1988.

Additional Committee meetings to review the information gathered, to discuss preliminary recommendations with GSC management, and to prepare and present this report were held in Ottawa from October 13-14, 1988 and in Toronto January 17, 1989. A preliminary draft of the final report was reviewed by the Committee on May 15, 1989 and the final report was submitted to the ADM and the Canadian Geoscience Council in July 1989.

It will be obvious to those reading this report in its entirety that it was written by a committee. An effort was made to maintain a standard format for each section but it was decided that editing and rewriting the entire report in order to maintain consistent writing style would be too much effort for too little benefit.

1.6 A MOVING TARGET

It should be noted that continual changes have affected the GSC during the year and one-half tenure of this Committee. At the time of the Committee's first meeting in December 1987, the GSC had a staff of about 1000, and an annual budget of $105 000 000. The head of the GSC, the Assistant Deputy Minister, was Dr. R. A. Price, and the Minister responsible for EMR was the Hon. Marcel Masse.

There was general concern about the declining A-base budget, and the reliance on "soft money" to support much of the field activities of the GSC. The Mineral Development Agreements with the provinces were scheduled to terminate and the most significant soft money source, the Frontier Geoscience Program, was under review. Lack of adequate office space at several locations was also a concern. Pressure was mounting for the GSC to become more involved in multidisciplinary projects. This was one of the reasons for the merger of the Earth Physics Branch with the GSC.

By early 1989, a little over a year later, a new Assistant Deputy Minister, Dr. E. A. Babcock, has been appointed to head the GSC and the Hon. Jake Epp had become the Minister responsible for EMR. The establishment of a joint Quebec government/GSC facility in Quebec City had been announced and the Pacific Geoscience Centre was awarded "Division" status. The extension of the Frontier Geoscience Program had been approved, with these funds forming a part of the A-base budget. With the termination of MDA's and possible downsizing in other areas, the GSC was struggling to cope with the changes.

1.7 ACKNOWLEDGEMENTS

The cooperation of the GSC management at all levels greatly assisted the work of the Committee. The Directors General and Directors were most helpful in supplying the information requested and in assisting with the Division visits. The Committee offers its thanks for their complete cooperation. The Committee particularly wishes to thank the many geophysicists and other earth scientists who appeared before it to discuss their concerns and their ideas, and to present their recommendations on ways to improve the function of geophysics within the GSC.

2.0 GSC GEOPHYSICAL ORGANIZATION AND ACTIVITIES, CIRCA 1988

Through its many meetings and visits to all geophysical groups within the GSC, the Committee was made aware of the great diversity of geophysical activities and the extent to which geophysicists are spread throughout the organization. This situation is in keeping with the GSC's management policy of a multidisciplinary approach for its scientific programs. To summarize geophysical activities within the GSC, the Committee has prepared a "GSC Geophysical Organization and Activities, circa 1988" chart (Figure 1). The information contained in this chart has been extracted from the many submissions presented to the Committee. It is not intended to be definitive and will undoubtedly include errors and have omissions; nevertheless, it does provide a compact overview.

2.1 GEOPHYSICS IN THE GSC

Following amalgamation of the Earth Physics Branch and (old) Geological Survey of Canada, geophysics was established as a major component of the (new) Geological Survey of Canada. There are several functions originally conducted by the EPB that provide data required beyond the original GSC mandate to "study the rocks of Canada". These include seismicity monitoring and its use in developing building codes, the terrestrial effects of atmospheric magnetic fluctuations, operation of the Yellowknife seismic array for detection of nuclear explosions, compilation of the Gravity Map of Canada for purposes ranging from geological structures to the geoid ("figure of the Earth"), geodynamic investigations for regional tectonic problems and continental-scale motions, and geothermal studies ranging from permafrost to heat flow (the Earth's heat engine), among others.

Geophysics is an earth science discipline in its own right and needs to be nurtured as such. At the same time, Geophysics represents the geologists' "telescope" into the earth, a means through which subsurface "images" can be obtained for the purpose of extrapolating surface geology to considerable depths. This dual scientific role, discipline and application, is an important one that is well represented within Geophysics at the GSC.

Under the umbrella of the original GSC charter, geophysics has a major role to play. Only a minuscule amount of the "rocks of Canada" are observable on the surface or in scattered penetrations of the subsurface by wells. Geophysics is required to bridge the gaps in accessible geologic observations, and to explore elements of the earth that geology cannot study, either due to inaccessibility or to the unsuitability of geologic techniques. Each science has contributed greatly to the understanding of the Canadian landmass and, with higher levels of interaction, these contributions will multiply.

While much of this report will deal with the issues and problems which have been the focus of its activities, the Committee recognizes that there are many areas of strength within geophysics at the GSC. As such, we consider that it is important to highlight a number of these.

The Canadian Seismograph Network has been a stable and reliable component of the world-wide network for decades; it has always provided high quality data and maintained standards of the highest order. The (now) Geophysics Division (with a former component at PGC) is a world leader in digital seismic networks, such as the Eastern and Western Canada Telemetered Networks, and continues to provide enhancements in this field. They were the first to develop probabilistic hazard maps which were, and continue to be, incorporated into the Building Code of Canada.

The Canadian Geomagnetic Network also has been a stable and reliable component of the world-wide network. With Canada's large land area and northerly range of latitudes, such information is essential for tracking variations of the magnetic field, information that is essential to a number of 'clients', from communication, hydroelectric power and exploration companies to groups investigating fluid motions in the earth's core. Only a government agency can maintain the continuity and high standards that are necessary for such programs.

The two National Mapping Programs (Gravity and Aeromagnetic) are considered amongst the most complete and highest quality of any in the world. They provide an unmatched coverage for regional studies and the aeromagnetic data are particularly relevant for mineral exploration and geological mapping below overburden. The recent efforts in image processing and color displays are excellent. The outputs of the programs are used by a wide range of 'clients'.

Instrumentation Development, undertaken in support of GSC geophysical programs, has a history of innovation and excellence. Garland (1987) noted that the Earth Physics Branch "achieved its worldwide reputation for outstanding geophysical research and scientific leadership partly because it employed a number of outstanding instrumentalists". In the field of airborne magnetometry, the GSC has made significant contributions in instrumental development, including some aspects of proton precession magnetometers, self-orienting, optically-pumped magnetometers, and magnetic gradiometers. In the latter case, the GSC has been the leader in promotion of the increased geologic resolution inherent through airborne magnetic gradient measurements.

One of the highly successful developments has been the portable seismic refraction recorders designed and built for Lithoprobe and other projects. After extensive design criteria involving scientists from the universities and government, prototype instruments were developed and tested in the instrumentation section of the Geophysics Division. A market for the instruments was identified and the technology transferred to EDA Instruments of Toronto, who have proceeded with further R&D.

Two instrumentation developments on the marine side have enabled researchers at the GSC to obtain critical information that otherwise would never have become available. The development at AGC of a relatively inexpensive and easily deployable ocean bottom seismograph, together with a large air gun array, has resulted in the acquisition of marine refraction data of very high density, enabling geological interpretations that were previously unattainable. One university (UBC) was provided with their design and constructed six instruments for use on the west coast; another (Dalhousie) has followed the same design and is now extending it. Similarly, the

collaborative development of the ocean bottom magnetometer at PGC and GD has enabled the acquisition of data to determine the electrical structure of the earth below the oceans, again a capability not previously available.

The marine multichannel crustal reflection studies and continuing interpretations carried out at AGC through the FGP program and Lithoprobe are as good as any in the world. The data have been widely used by industry for the regional framework within which the offshore sedimentary basin have developed. In particular, Husky Oil and Petro-Canada have prepared their own interpretations of the data and presented these at conferences. The Marine Geophysics Group at PGC have made scientific contributions out of proportion to the size of their small group. Their work (with some others) off the west coast has resulted in the most comprehensively studied subduction zone in the world. Their excellence and expertise is recognized internationally.

The Seismology and EM Section in LCSD have achieved worldwide recognition in their fields for their work in crustal reflection/ refraction and magnetotelluric data acquisition and interpretation and relation to geotectonics. Unique and effective software for specialized processing and analyses in both areas have been developed, and recognized by the peer community for their excellence.

The Terrain Geophysics Section doing shallow seismic work out of the Terrain Sciences Division have been at the forefront of developments in the acquisition and processing of such data. They were the first to develop a simple and effective reflection profiling procedure with multichannel enhancement seismographs. Interaction with industry, other government agencies and universities is well established through advice, information and publications.

The Regional Reconnaissance Subdivision at AGC provides a good example of integrating geophysical results with geological information through basin modelling studies. Their work represents the fundamental last step to regional basin studies and they are doing it as well as any group in the world.

The degree of collaboration with university researchers is another very positive aspect of Geophysics at the GSC. On the east coast, AGC geophysicists interact well with scientists at Dalhousie and Memorial universities; on the west coast, PGC geophysicists have carried out many joint programs with UBC and other universities in Canada and the U.S.A. Similarly, geophysicists in the Seismology and EM Section of the LCSD have collaborated actively with geophysicists at many universities across Canada. In all cases these collaborations have mutually benefited both sectors, government and university, and more importantly have produced high quality scientific results.

2.2 ROLE OF GEOPHYSICAL RESEARCH IN THE GSC

Issue

What is the proper role of research in geophysics in the GSC?

Background

The Geoscience community in Canada has three main constituents - government (federal and provincial), university, and private sector. All three constituents conduct research in their various areas of special interest.

As befitting a free enterprise economy, the private sector (resource companies, consultants, contractors and instrument manufacturers) is market driven in determining the nature and extent of their research activities. By and large, their research programs are those which are expected to yield relatively short term benefits of an economic nature. They are rarely of a fundamental nature, where the uncertainties of technical and economic success are usually large.

Geoscience research at Canadian universities is focused on areas of special interest to influential professors at these universities. As a result, there are research topics that are well covered by the university community and others which are not at all under investigation.

Based on the guidelines for government research (Dept. of Science and Tech., 1987), the proper role of research in the GSC has been defined by the ADM as that which is pertinent to the mission of the GSC, but is not being done (or cannot be done) by the universities nor by the private sector. Because of academic freedom in the universities and of total freedom in the private sector, the qualifier "cannot be done" is hardly material.

More specifically, the role of geophysics in the GSC is defined to be:

> "To ensure the availability of comprehensive . . . geophysical knowledge, technology and expertise concerning the Canadian landmass . . . as required for effective exploration . . ., estimation of the resource base of Canada, land use, public safety, security and formulation of policies."

In pursuit of this objective with regard to geophysics, the GSC undertakes comprehensive geophysical surveys appropriate for establishing an understanding of the fundamental geological framework of the Canadian landmass including its offshore extension; and conducts geophysical surveys and operates geophysical observatory networks appropriate to mapping natural hazards in Canada on a regional scale. Analysis of data so obtained, its interpretation and relation to regional geology and tectonics comprise the complementary geophysical research component. Thus, research in geophysics at the GSC encompasses a wide range of activities which are essential to fulfilling the GSC's governmental mandate:

1. Operation of national observatory networks for monitoring of earthquakes and the geomagnetic field; and analysis of the data so obtained

2. Acquisition, analysis and interpretation of seismic reflection, refraction and electromagnetic data

3. National mapping programs in gravity and aeromagnetics; analytical developments (e.g., "sun angle" aeromagnetic maps); and analysis and interpretation of the data

4. Methodology developments, particularly related to applied geophysics (airborne and ground gamma ray spectrometry, shallow seismic common-offset profiling, establishing of standards for aerial surveys, and calibration of equipment)

5. Paleomagnetic studies to determine past tectonic motions

6. Geothermal studies to understand one of the primary driving forces for geological phenomena (the Earth's heat engine)

7. Test surveys (multichannel radiometric surveys, magnetic gradiometry, etc.) to establish the applicability of these methods to known geological conditions

8. Instrument development which has included, among others, airborne proton and optically pumped magnetometers, magnetic gradiometers, portable seismographs, digital observatory networks, multichannel gamma ray spectrometry, ground probing radar and multipurpose electrical receivers.

The Committee considers that detailed surveys appropriate to the exploitation of Canadian resources is generally the responsibility of the appropriate resource industry. Similarly the detailed mapping of natural hazards on a site-specific basis is the responsibility of other governmental agencies (provincial or municipal) or the proponent of a particular project.

Instrument development as such should be undertaken in support of GSC programs and is considered legitimate only when the instrument cannot be purchased. When development is necessary, it should be undertaken either by industry or in cooperation with industry, whenever possible and economic. The Canadian geophysical instrument manufacturing industry is now quite mature in its development capability and in its marketing and distribution facilities. However, some in-house GSC instrument development capability is necessary to maintain a suitable core competence level and to enable the very special developments that are sometimes necessary to fulfil the scientific programs that are part of the GSC's mandate.

Nevertheless, it would be appropriate for the GSC to advance instrument developments within industry by acting as a catalyst for meritorious research projects, through the support of applications to established sources of federal R&D funding, e.g., IRAP and UP. The operation of the Aeromagnetic Research Fund by the Geophysics Division is precisely effective in this fashion.

GSC management generally accepts the viewpoint that in order to attract and stimulate geoscientists of high calibre, the GSC must offer them the opportunity to engage in research.

Recommendations

The GSC should continue to engage in the wide range of geophysical research activities which are pertinent to its mission. Where possible, these should complement activities in the private and academic sectors. Collaborative research should be encouraged.

In general, the GSC should undertake R&D projects in geophysics relating to new technology (methodology) development, new methods of data processing, interpretation and presentation, and in the conduct of experimental surveys intended to test the application of new instrumentation or technology under known geological conditions in Canada.

The GSC should work in consort with private sector parties to facilitate geophysical instrument development of common interest, through acting as a catalyst in support of funding from other governmental sources. The GSC should only engage in instrument development as is required to support its primary research programs and then only if the capability does not reside within industry.

2.3 BALANCE OF GEOPHYSICAL ACTIVITIES RELATED TO GSC MISSION

Issues

Are the geophysical activities of the GSC directed in a balanced manner to fulfill the objectives of the GSC mission? Where do the boundaries between regional surveys conducted by the GSC and detailed surveys conducted by industry lie?

Background

". . . Since the release of the maps in October 1987, over 300 claims have been staked in the area; 138 of these have been staked directly on the results of the potassium map because of the known relationship between gold and potassium enrichment . . ."

". . . mine in the NWT was discovered on the basis of a GSC gamma- ray spectrometry anomaly . . ."

". . . A major gold occurrence . . . was found as a result of following up an airborne anomaly . . ."

(Internal GSC report)

It has been accepted that one of the legitimate activities of the GSC is to assist in the exploitation of Canada's mineral resources. If the foregoing had read:

> "On the basis of seismic reflection studies conducted by the GSC, six major oil companies have leased large tracts of land and drilled a number of successful wells. Proven reserves of 100 000 000 barrels have been discovered."

Would this also be perceived as a legitimate GSC activity?

There is one obvious question of balance: should the minerals industry receive this level of GSC support to assist it in exploiting Canada's mineral resources? Should the petroleum industry, or the coal industry, or the building aggregates industry receive the same level of support?

Another related question is one of scale. Should the GSC be conducting surveys that permit their direct use in the exploration for specific resources? In joint projects with provinces under Mineral Development Agreements, such a level of detail may be justified, the funds being made available to further political aims in addition to any scientific value.

Cooperative surveys with industry could be undertaken with the GSC funding data acquisition adequate for regional control and the industry funding infill acquisition for detailed analysis. The publication of the higher resolution component of the survey could be deferred until the industry participants have had an opportunity to utilize these data.

And there is a more general question. What level of survey detail is required in order that the GSC will have fulfilled its original charter:

> ". . . to make an accurate and complete Geological Survey of this Province, and furnish a full and scientific description of its Rocks, Soils and Minerals, which shall be accompanied with proper Maps, Diagrams, and Drawings, . . ."

If 1:250 000 mapping is completed, should remapping with additional data for 1:100 000 be undertaken? 1:50 000? 1:10 000?

In general, except where calibration surveys are conducted over known features, it would be expected that regional mapping would be completed before more detailed surveys are undertaken.

Recommendations

In the geoscience fields related to resource exploitation, the GSC should evaluate and, if necessary, redirect its activities so that there is a balance in emphasis in support of the various resource-based industries.

Except where special arrangements with other government agencies or industry are made, mapping projects should not be conducted at a scale that will allow direct and immediate use in the exploration for resources.

The GSC should establish a series of guidelines for geophysical mapping scales for routine surveys. Guidelines for more detailed mapping projects, including appropriate scales and criteria to be met to justify such projects, should also be developed.

3.0 DISCIPLINE-RELATED ISSUES

The Committee has examined the range of geophysical activities in which the GSC is currently engaged, in order to be able to judge their scope and effectiveness. In this section, we will present our comments on the salient features of these activities, for each major specific geophysical discipline.

3.1 EARTHQUAKE SEISMOLOGY

Issue

What is the present status of GSC's earthquake seismology program in:

1. Seismograph network recording, analysis and risk assessment?

2. Earthquake forecasting?

Background

As noted previously, the Canadian Seismograph Network is one of he many very positive aspects of geophysics within the present GSC. It is an essential element for seismic risk assessment, government policy re building codes and underground nuclear detection, and understanding the nature and type of earthquakes in Canada. Garland (1987) cited the high quality of the activity:

> "The Canadian . . . seismological networks are models of efficient operation. The quality of the seismograms is very good . . .". The (now) Geophysics Division "deserves special credit for the excellence of its seismological bulletins, including seismicity catalogues and maps. These are fundamental data whose value increases with time . . . Seismological studies related to the identification, location and discrimination of underground nuclear explosions, along with participation of Canadian experts in disarmament discussions, also represent an important contribution to the country and to all mankind."

The network is run primarily within the Seismology Section, Seismology & Geomagnetic Subdivision of the GD (13 PYs directly assigned to network aspects plus 8 research seismologists); with a component for western Canada operated from the Pacific Geoscience Centre Subdivision of CPGD (3 PYs assigned, including the Subdivision Chief, and some technical support from the Program Support and Instrumentation Group). The program is well organized, well run and meets Canada's international obligations to global earthquake studies. The telemetered arrays, Eastern Canada Telemetered Network (ECTN) and Western Canada Telemetered Network (WCTN) provide high quality digital data in real time; some technical assistance is provided by GD to PGC. The GD, in consultation with PGC, also has well formulated plans to maintain a state-of-the-art capability for the networks ("A new generation of seismograph networks operated by the Geological Survey of Canada"; internal GD document, December 1987).

Because of past history and contacts, the separation of responsibilities between groups has not been a problem. However, during interviews the Committee was informed that problems may arise, particularly for the PGC group, as personnel change and resources of all types are tightened. In the case of a moderate or large event, the GD has the manpower to rapidly deploy portable stations to record aftershocks, but PGC does not have that capacity and depends on resources from a different branch in Ottawa. Thus the merger may have had a negative impact by severing the link between the understaffed group on the west coast with major problems and the GD which has focused on less severe problems in eastern Canada.

Seismic analyses include development and use of state-of-the-art techniques for interpreting data and determining earthquake source parameters. The GD has a number of personnel devoted to this aspect while PGC has one overworked staff member. The previous EPB had a good reputation for these types of studies but the present personnel have not kept up with international developments in the field, possibly due to a lack of qualified young scientists.

Seismic hazard assessment concerns estimation of future strong ground motion that may be expected in a region or at a site; risk assessment concerns estimation of the consequences (lives lost, damage caused) of the strong ground motion. Within this context, the west coast region has a much higher hazard; the risk may be comparable as a result of greater population in the east. However, the division of resources between PGC and GD does not equate with the relative hazards or risk. Both groups carry out some research involving integration of neotectonic studies in their assessment of seismic hazard, but it is limited by personnel.

Earthquake forecasting concerns attempts at predicting future earthquakes that include information on location, time and magnitude. Research in this field is difficult; the problems have no evident solution and there is no guaranteed return on the effort. Earthquake research in general, and prediction in particular, has an extremely low profile in Canada, not only at the GSC but also in universities. This contrasts with the U.S.A. where USGS, NOAA and the universities are continuing a major effort (initiated in the early 1970's) in earthquake prediction; and from which studies (and others) it is known that the problems are extremely difficult.

The EPB (prior to merger) had a multidisciplinary earthquake precursor monitoring program centred on the Charlevoix region of Quebec, but it was cut to absorb reductions necessitated by the merger. No other similar program is in place at GD.

At PGC, there is an attempt to address the earthquake forecasting problem by measuring crustal deformations. Associated with this and other seismic studies, a proposal ("West Coast Megathrust Earthquake" - internal GSC document; see also Dragert and Rogers, 1988) has been formulated to launch a major research effort to prove or disprove the hypothesis concerning the past occurrences of megathrust earthquakes (greater than M = 8) in the Vancouver Island region, establish the current position in the cycle and estimate the hazard for incorporation into the National Building Code. The Committee fully endorses the Megathrust proposal. Regardless of the political decision that will be made concerning this program, the

Committee considers that the present balance of resources committed to seismicity and related studies is not adequate to address the problems in western Canada.

A reallocation of GSC resources to the most urgent problems should result in an active and successful program in earthquake seismology with few additional resources (the addition of one or two international level earthquake source specialists; and excepting the Megathrust proposal where additional resources are required).

Recommendations

The National Seismograph Network must continue its 24 hour per day, 365 day per year monitoring function. It **must be exempt** from the 10% 'sunset' item recommended by this Committee (see Section 5.2).

The Committee recommends that the National Seismograph Network be provided with the resources to continue and enhance its plans for upgrading the network to digital standards. This should be done following appropriate peer review and comment. The balance of seismological research and monitoring effort between GD and PGC is not appropriate to the balance of seismic activity, hazard and risk; this should be rectified. Reallocation of personnel and funds in seismology (and geodynamics, part of which is closely related) is recommended.

The "West Coast Megathrust Earthquake" project has been proposed to launch a major research effort relate to possible subduction thrust earthquakes with magnitudes greater than 8. The Committee fully endorses this initiative and its need for new resources.

The Committee recommends that the GSC address the lack of continuing Canadian expertise in earthquake seismology by providing incentives to graduate students (see Section 5.4) and, whenever possible, by supporting university research through the Research Agreement or other programs.

3.2 GEODYNAMICS

Issue

Is the current GSC geodynamics program appropriate to the national needs?

Background

Geodynamics - the measurement of contemporary motions in the solid Earth - can be roughly defined as having two scales: global and local.

Global geodynamics is concerned with the motion of the solid earth as a whole, or the motion with respect to each other of points thousands of kilometres apart. It is of great scientific interest because there are significant broad scale effects -- plate tectonics, ocean and atmospheric loading, core-mantle interactions, tides, post-glacial rebound, etc. -- that are becoming more and more measurable by the new techniques, while becoming more amenable to theoretical interpretation. Although plate

tectonics is the essential framework to global geodynamics, and although the effects of climate changes are becoming perceptible in the data, the practical implications of global geodynamics are limited mainly to monitoring earth rotation and polar motion, a task Canada shares with other nations. The accuracy of this monitoring required for navigation is routine; the drive for high precision is purely scientific.

Local geodynamics is concerned with the relative motion of points in the solid earth from a few kilometres to hundred of kilometres apart. This is also a problem area of great scientific interest, but more difficult (and hence less attractive to some) because of the complexity of tectonic behaviour. At present, measurement of contemporary motions to the precision, detail and frequency needed for significant advance are becoming feasible, through GPS, only in particularly active zones. These zones are characterized by earthquakes and are associated, to varying degrees, with margins of the global plate tectonic system. Local geodynamics has great practical potential through its contribution to earthquake hazard alleviation. The understanding of the tectonic setting requisite to effective prediction will probably require precise geodetic networks that are dense and repeatedly measured.

The development of quantitative models of the earth as a dynamical system, the principal objective of geodynamics, should provide information to assist in:

1. Quantitative assessment of present earth system trends and significant global change by providing globally integrated effects due to atmospheric and ocean circulation, sea and ground water level changes, seasonal or permanent biomass redistribution, deglaciation, etc.

   e.g., a) monitoring of sea level requires the careful separation between vertical crustal movement in coastal areas and global rise in sea level,

   b) monitoring of length of day provides information on the dynamics of the atmosphere and oceans,

   c) changes in the position of the pole of rotation provides information on the changing distribution of mass within the earth (plate tectonics, earthquakes, etc.) and on its surface (receding glaciers, changing sea level).

2. Improvement in accuracy of surveying and navigation systems, maintaining standards and long term continuity.

3. Better understanding of the earth's structure and properties, in particular the mechanics of crustal processes and plate tectonics with direct impact on earthquake hazard assessment.

In Canada, the greatest earthquake hazards exist on the Pacific Coast, associated with the underthrusting of North America by the Juan de Fuca plate. While an earthquake hazard also exists in the St. Lawrence zone, the probability of an >8.0 magnitude shock of severe economic and human impact is appreciably lower, and the tectonic setting is less understood and thus less amenable to diagnostic scientific programs.

The current geodynamic activities of GSC (approx. 12 PY, $1.4M) are allocated about two-thirds to the global and one-third to the local. It is only a part of the Canadian effort in geodynamics. The Committee is not informed as to the magnitude of the geodynamic efforts of the Geodetic Survey and the universities. However, at PGC there is collaboration with the Geodetic Survey on relevelling on Vancouver Island for crustal deformation. The Geodynamics group in the GD have worked closely with scientists at the Geodetic Survey and the universities of Toronto and York in the development of the Canadian Very Long Baseline Interferometer (VLBI) system.

The GD provides one important part of a team approach to working on the VLBI development which can be used for high precision distance measurements on a continental or large regional scale. The program has been in progress for about five years during which time substantial hardware and software developments have been made.

At PGC, there is a small geodynamic effort (approx. 1 PY) which is well-focused and well coordinated with the PGC work on seismicity. Similarly, there is a small local geodynamics group (approx. 3 PY) within Geodynamics at the GD which works closely with the seismologists. However, this distribution of limited manpower (and presumably financial) resource is not consistent with the greater national needs re seismic hazards and risk on the west coast.

Recommendations

Strengthen the western Canadian geodynamics program by transferring appropriate personnel from eastern Canada to PGC and recruiting qualified young scientists whenever possible.

Increase the effort in local geodynamics programs by transferring some resources from the global program.

Continue coordination of activities with the Geodetic Survey of Canada and expand such activities as required for crustal deformation measurements, particularly on the west coast, but including also other earthquake prone areas in eastern Canada.

Maintain the GD's VLBI effort and its collaborative research with two universities and the Geodetic Survey; focus the principal global geodynamics effort on VLBI.

Phase out optical efforts in geodynamics (with the possible exception of levelling to study post-glacial rebound).

3.3 CRUSTAL SEISMOLOGY AND ELECTROMAGNETIC GEOPHYSICS

Issue

Are the current GSC activities in crustal seismology and crustal electromagnetics appropriate to the national needs?

Background

Throughout the world, studies in crustal seismology and electromagnetics (particularly magnetotellurics) are being recognized for their contributions to the understanding of the formation of sedimentary basins and the regional framework of tectonic structures within which mineral deposits are located. The GSC, through the work of scientists at AGC, PGC and LCSD, has gained international recognition for its participation in, and contributions to, such studies. These scientists have defined key problems in tectonics and have been very innovative in using a variety of geophysical methods to resolve these problems. Their success has been due partly to a multidisciplinary approach and effective collaboration with their colleagues from academia and industry. This is particularly manifest in the research programs of Lithoprobe and similar Frontier Geoscience Program projects. These have provided regional crustal information in several areas of Canada and have received wide support and recognition from industry, universities and other governmental agencies. It is worth noting that these multidisciplinary programs were initiated prior to the merger between GSC and EPB; indeed, it is reasonable to assume that their success influenced the present emphasis on multidisciplinary studies within the GSC.

Through Lithoprobe and the Frontier Geoscience Program, Canada has become recognized as a world leader in crustal studies. These two programs have been cited as models of multidisciplinary geoscience research by many scientists outside of Canada. A few brief examples illustrate the socioeconomic significance of these research programs. On the west coast, the current structure and tectonic history of the Cascadia subduction zone has been better defined than at any subduction zone in the world; and led to a much improved understanding of seismic risk in the region. Seismic reflection and refraction data collected in the Beaufort- Mackenzie Delta region in northwestern Canada have resolved crustal structure, indicating among other aspects that structures within Mesozoic and younger sediments may be controlled by features within the Proterozoic crystalline crust. The deep seismic reflection, refraction and other geophysical data obtained around Newfoundland have confirmed the thin-skinned tectonic environment across the northern Appalachian orogen and discovered that a number of major half-grabens on the Grand Banks extend to a great depth. The Arctic and East Coast results are of primary significance to the petroleum industry. Following from the highly successful Lithoprobe preliminary program (including GSC contributions) in the Abitibi sub-province of the Canadian Shield, the mining industry is being awakened to the value of, and showing considerable interest in, such regional tectonic studies.

Recommendation

Following the old cliche "if it ain't broke, don't fix it!", the Committee recommends that these programs be maintained and supported at no less than their existing levels of activity.

3.4 GRAVITY

Issue

Is the current GSC gravity program appropriate to the mandate of the GSC?

Background

There are two distinct, but related GSC activities in measuring gravity: (1) the National Gravity Mapping program consisting of regional surveys to give the spatial variations in the field; and (2) absolute measurements at selected monumented sites for calibration and other purposes. These are carried out through the Aeromagnetic, Gravity and Geodynamics Subdivision of the GD.

1. The National Gravity Mapping program is based on an approximate grid of 8 km and is a continuing program. Much of the remaining data required to complete the Gravity Anomaly Map of Canada must be undertaken with aircraft and helicopter logistical support. Almost all of this work is carried out by private industry through contracts. Gravity maps are a valuable reconnaissance tool in support of geophysical exploration, particularly petroleum but also including minerals. They form an important component of lithospheric studies, which are being applied increasingly due to the more recent emphasis on the modeling of tectonic evolution as essential to understanding structures such as basins and underthrust belts.

2. A standard gravity network is carefully adjusted, maintained and calibrated using absolute gravity measurements which are made using the GD's one absolute gravity meter. In addition to providing calibration for the standard network, absolute gravity measurements can be applied to monitoring temporal changes in the gravity field (relevant for earthquake hazards such as exist on the west coast), and supporting the adjustment of geodetic control networks.

These measurement programs appear to be proficiently operated. The only problem brought to the attention of the Committee was the fact that due to the historical situation, not all of the gravity survey budget was under the control of the GD, who planned and carried out the surveys.

Within the Subdivision, an Application Section carried on development of analysis methods and modeling of the anomalous gravity field. A good example is the horizontal gravity gradient map of North America recently published (Sharpton et al., 1987). Concern was expressed that there was insufficient research of this type available to members of the section; this has a detrimental effect on attempts to hire highly qualified and motivated scientists when positions are available.

Recommendations

The national program of regional gravity measurements should be continued with at least the current level of resources until the Gravity Anomaly Map of Canada is

complete. The completion of the gravity data base is a national priority, and should not be affected by the 10% clause (see Section 5.2).

All budget items associated with these regional surveys should be consolidated within the GD to ensure effective and efficient use of the resources.

The program of absolute gravity measurements should be maintained to ensure the viability of the national gravity network.

Personnel in the Applications Section should continue to strive for, and be assigned, more scientific problems to address, including acting as research collaborators with scientists in other divisions who could utilize their expertise.

Remote access to the computer facilities in the GD data centre should be improved, for its effective utilization from remote sites.

3.5 PALEOMAGNETISM

Issue

Is the current GSC activity in paleomagnetism adequate and cost effective for the GSC's current needs?

Background

Paleomagnetic studies can contribute critical information to the understanding of past positions, and hence subsequent motions, of major rock units and thus are an important component of geotectonic studies. In order to make these contributions, concurrent disciplinary studies of the magnetism of rocks is essential.

At the GSC, the study of paleomagnetism is carried out in two divisions, the Paleomagnetism Section of LCSD in Ottawa and the Paleomagnetic Group in the PGC Subdivision of the CPGD in Sidney, B.C. The Ottawa group has 9 PYs allocated - 5 RS, 2 PS and 2 TS - but 2 of these are now vacant. However, they are physically located in two places - Booth street and the laboratory on Anderson Road. The PGC group has 1 RS, 1 PS and presumably receives some technical support through the Program Support and Instrumentation Group. The Committee was impressed with the advances in automation of paleomagnetic measurements which have been made at PGC. The one RS at PGC is nearing retirement and there is concern about what happens following his retirement. In this regard, several GSC sources have identified the lack of Ph.D. graduates in paleomagnetism and thus the difficulty of recruitment in this area.

The Ottawa scientists are working on problems in the following regions: eastern Arctic, NW Greenland, Labrador, the central Canadian Shield, the Mackenzie Mountains, and the Canadian Appalachians. The PGC scientists concentrate on studies related to the Canadian cordillera and the western Arctic, although they have worked elsewhere through collaborative projects. The Committee considers that the size of the Canadian landmass and the range of problems to be addressed can justify

two sites for paleomagnetic research within the GSC. However, a more equitable distribution of manpower and financial resources between them is required.

It should be noted that PGC has one of Canada's most distinguished earth scientists who has made immense contributions to the science of paleomagnetism and its relevance to geotectonics. The Ottawa group, in spite of its much greater size, has not made the same impact. They produce good quality information and seem to publish regularly; but based on our limited knowledge, we would rank them as below average in their field; this is not a strong scientific group within the GSC.

Recommendations

The two paleomagnetic laboratories, one at LCSD and one at PGC should be maintained. However, the two separate laboratories within LCSD should be combined and located on Booth Street where there are opportunities for close interaction with geologists.

The group at PGC should be expanded. The Committee recommends that the two vacant paleomagnetic positions and 1 technical support position in Ottawa should be transferred to PGC.

The advances in automation of paleomagnetism measurements made at PGC should be implemented in the LCSD group to increase the efficiency of the latter.

The Committee recommends that, if a comprehensive rock properties laboratory is established (see Section 7.6), the paleomagnetic group in Ottawa could form one component of it.

The GSC should address the problem of recruitment in paleomagnetism by providing incentives to graduate students (see Section 5.4) and, whenever possible, supporting university research involving students.

3.6 GEOMAGNETISM

Issue

Is the GSC geomagnetic program appropriate to Canada's needs?

Background

Among the Earth sciences, geomagnetism is unique in taking for its province the whole sequence of concentric zones from the Earth's core to the outermost limits of the magnetosphere. Communications and guidance technologists, researchers in geophysical and space- science disciplines, navigators, exploration geophysicists, land surveyors, and the military services require a strong national program in geomagnetism.

The Canadian magnetic observatory network provides data routinely used by approximately 100 mineral exploration companies. The Canadian satellite operations

depend on magnetic activity reports and forecasts. Canadian utility companies depend on daily magnetic activity forecasts for rebalancing power grids. Oil companies use current magnetic data for directional drilling operations. The Canadian military services require updated magnetic data for many purposes.

The Canadian geomagnetic network has been a stable and reliable component of the worldwide network. It produces data critical to the development of International Geomagnetic Reference Fields (IGRF's). IGRF's are global magnetic field models used to remove regional trends in exploration and research survey data to delineate magnetic anomalies. Reduction in continual collection of Canadian magnetic data would destroy validity of this reference field for use in Canada.

Ongoing operation of geomagnetic observatories provides information on delineation and secular variation and the ability to service needs of users noted above. These needs would not be met by international models (IGRF) which would themselves be seriously degraded if Canadian data, vital for the regional components in these models, was not included.

Canada has a special responsibility because of its large area and extensive coverage of the auroral zone, important to the study of disturbances that have adverse effect on radio communication. Continuity is important in this monitoring, since some important oscillations of the field have periods of more than a decade, and the large events most damaging to communication occur at several year intervals. This effort is one of appreciable international collaboration. Only a government agency can provide the continuity and maintain the standards that are necessary for such programs.

Timely data and forecasts result in decreased users' costs, and improved services to their clients and the public. For example, electric power utilities have a continual risk of power transmission breakdowns (such as the recent power blackouts suffered by Hydro Quebec), with consequent costs and hazards for the public and industry. Exploration companies reduce the costs of having to re-do unsatisfactory surveys. With increased solar activity during the next several years, problems related to geomagnetic activity will be at a maximum.

The Canadian observatory network will be a major part of the developing INTERMAGNET program, a program in which many countries will participate in a near-real-time magnetic data exchange by satellite telemetry. For the Canadian region of the globe, this new program will greatly enhance studies for exploration of the crust and upper mantle of the Earth and will be of great significance in studies of magnetospheric and ionospheric processes.

The application of geomagnetic data that is most significant economically is communication. The U.S. Air Force regularly & distributes forecasts that are widely used in radio communication. Longer range forecasts of peak magnetic storm activities impact appreciably the cost of the fibre optic cables now being installed as the main means of long range communication. The main determiner of the power level, and hence the facilities to maintain it, in these cables is the noise from induction caused by magnetic storms. The cable being installed from the west coast

of North America to Japan, costing about $500 million, follows a great circle route that passes through magnetically noisy high latitudes. This induced noise also affects the design of power transmission lines.

The current effort (13 observatories, 16 PY, $1.6M) seems minimally adequate to do the job. The division of this effort - roughly one-half to operations, one-fourth to interpretation, one-fourth to instrument improvement - seems appropriate. The program appears to be proficiently operated. No problems or dissatisfactions were brought to the attention of the Committee. There do not appear needs to expand or redirect the effort. Additional observatories in support of space research are appropriately supported largely by the U.S., but it is in the interest of Canada to share the data and participate in the interpretation.

In an almost unnoticed way, to many people, the Canadian magnetic observatory program makes critical contributions to a very broad spectrum of the whole population. The program is vital to the country's welfare in many ways.

Recommendations

1. The present level of activity in the geomagnetism program should be maintained.

2. The geomagnetism program should be exempted from the provisions of any general "sunset clause" (see Section 5.2).

3.7 APPLIED GEOPHYSICS

Prior to 1987, there existed in the GSC a strong Resource Geophysics and Geochemistry Division which included most of the geophysicists who were engaged in airborne and ground geophysical mapping related to mineral resources, surficial deposits and permafrost investigations. (The EPB also had included a group which dealt with permafrost investigations.)

The creativity of the critical mass of geoscientists of common objectives in this division fostered numerous advances in geophysical instrumentation, field technology, data processing and data presentation. Many of these advances have since been incorporated into standard field practice by the Canadian geophysical industry and, indeed, by their colleagues around the world.

The 1987 reorganization of the GSC resulted in the dissolution of the Resource Geophysics and Geochemistry Division, and the dispersal of its geophysical personnel into four of the newly created Divisions, namely Lithosphere and Canadian Shield Division, Geophysics Division, Terrain Sciences Division, and the Mineral Resources Division. One of the stated objectives of this dispersal was to create multidisciplinary groups, united by a community of mission, rather than of discipline. Unfortunately, as we have seen, this grouping of disparate disciplines has not always resulted in a fruitful union - or even a productive cooperation among geoscientists.

We shall now comment on individual aspects of the practice of Applied Geophysics at the GSC.

3.7.1 SKYVAN AEROPLANE

Issue

What is the justification for the maintenance of the Skyvan geophysical mapping aeroplane in the GSC? If justified, what is its proper role and function?

Background

The Skyvan aeroplane of the Exploration Geophysics Sub-Division is the sole remaining GSC facility for experimental airborne geophysical surveys, now that the Queenair has been sold. The operation of this aircraft requires five person years and an annual expenditure of about $450 000. Its stated functions include: the conduct of experimental geophysical surveys; the testing of new geophysical methodology and instrumentation; and the provision of quick response means for nuclear surveillance in the event of a release of nuclear radiation into the atmosphere.

The latter function is part of the commitment of Energy, Mines and Resources Canada, to the Federal Nuclear Emergency Response Plan, administered by the Department of National Health and Welfare. Under this commitment, EM&R is to provide "remote sensing capabilities for radiation and environmental imagery".

In accordance with this commitment, the Exploration Geophysics Sub-Division "will provide scientists, technicians and equipment to conduct surveys to locate radioactive contamination and to analyze and interpret survey data". The Skyvan and its computer-based, high sensitivity, gamma ray spectrometer system is specially designated as a resource to be employed for this purpose.

Recommendations

The Skyvan should be maintained for the purposes stated. In particular, we support its uses related to natural resource development especially for minerals and groundwater.

The Skyvan's complement of geophysical instrumentation should be broadened to include a vertical magnetic gradiometer, provided that an appropriate location on the aircraft can be determined. In addition, it may be a suitable vehicle on which to install an airborne gravity meter, with stabilized platform and a GPS navigation system, for experimental gravity surveys.

The Skyvan should not be used for systematic surveys of large areas (1 000 square km or more), as such production type surveys should be contracted out to the private sector, whenever the competence exists or may readily be acquired by that sector.

For truly effective use of the Skyvan as a quick response tool in the event of a nuclear incident to map the distribution of radioactive contamination, an annual "fire drill" should be called, without warning, to ensure that the equipment and personnel may be very quickly mobilized should a nuclear emergency actually arise.

3.7.2 THE TERRAIN GEOPHYSICS SECTION (Terrain Science Division, GTSB)

Issue

Is the organization of the Terrain Geophysics Section conducive to its optimum utilization under the GSC mandate?

Background

The Terrain Geophysics Section is a group of four scientists and three technicians working primarily in high resolution seismic survey work.

This small section has been at the forefront of developments in the acquisition and processing of such data. They were the first to develop a simple and effective reflection profiling procedure with multichannel enhancement seismographs. Interaction with industry, other government agencies and universities is well established through advice, information and publications.

Prior to the GSC reorganization, this Section was part of the Exploration Geophysics Sub-Division. In this previous structure, the Section was able to pursue a wide variety of seismic-oriented problems in mining and oil exploration, as well as engineering geophysics. They operated as part of multidisciplinary teams which crossed Division and Branch administration boundaries.

Their immediate managers were geophysicists who could grasp the significance of their work and thus could speak effectively for their programs at Division and Branch level.

Under the present organizational structure, the DG of the Geophysics and Terrain Sciences Branch does not see a useful link between the Section and the Quaternary Scientists Group with whom they are grouped in the Terrain Sciences Division. He finds seismic surveys too expensive and therefore not practical in the present context. He is of the opinion that it would be more appropriate for his purposes, if surveys were contracted out to the private sector, when required.

Much of the work done by the Terrain Geophysics Section, in recent years, has been more of interest to "clients" outside of the Terrain Sciences Division than within, e.g., shooting CDP seismic reflection from the Canadian Ice Island for delineation of the sedimentary stratigraphy on the Arctic Continental shelf, of interest to the ISPG; high resolution reflection shooting for coal structures in the Cumberland Basin in aid of the Nova Scotia MDA program, of interest to NSDME geologists; and development of the shallow high resolution reflection technique for mapping of the occurrence of basal tills as an aid to drift prospecting for gold, of main interest to the Ontario Geological Survey.

It is, therefore, apparent to this Committee that the Terrain Geophysics Section is a resource which is making a valuable contribution to the GSC in the fulfillment of its mandate, but is inappropriately positioned under the present organization.

Recommendation

It is recommended that the Terrain Geophysics Section be moved, together with their PY's and budget, and incorporated in the Exploration Geophysics Sub-Division of the MRD. In this structure, they will be able to relate closely with the Electrical Methods Section in respect of solving problems of interest to natural resource development (minerals, coal, hydrocarbons and groundwater (see also Section 7.3).

3.7.3 THE RADAR GROUP (Permafrost Research Section, Terrain Dynamics Subdivision, Terrain Sciences Division, GTSB)

Issue

Is the organization of the Radar Group conducive to its optimum utilization under the GSC mandate?

Background

The Radar Group consists of five scientists and technicians working in the development and application of radar probes for the high resolution of shallow geology. Specific applications to which this technology has been applied include regional permafrost studies and other problems relating to the nature of the near surface unconsolidated sediments. The group has been working closely with a Canadian industrial partner (A-Cubed Inc.) on the development of hardware and software for the radar probes and for their interpretation in terms of the near surface geology. In the opinion of this Committee, this group has not been as actively employed nor as well supported as it might be, and that its technology could have greater potential application outside of its current branch.

This group appears to suffer from the same set of problems which has been observed for the Terrain Geophysics Section, especially the lack of interest at the Director General level in multidisciplinary programs which might utilize this technology.

Recommendations

1. The Radar Group should be transferred to the Exploration Geophysics Sub-Division of the Mineral Resources Division, to be combined with the shallow seismic group of the Terrain Geophysics Section.

2. The combined technical resources of the Terrain Geophysics Section and the Radar Group should be utilized in multidisciplinary programs relating to the GSC's mandate. Examples would include permafrost studies and seabed characteristics in the Arctic, and near surface geological studies related to Global Change.

3.7.4 THE ELECTRICAL METHODS SECTION (Exploration Geophysics Sub-Division of the Mineral Resources Division, CSMRB)

Issue

Is the Electrical Methods Section a useful facility in the GSC?

Background

The head of the Electrical Methods Section has a staff of four person years and three persons in the physical rock properties laboratory.

This section is involved in ground investigations, test site and contract surveys, and physical rock properties, but does not seem to have the funds necessary to effectively carry out this mandate.

The head of this section has not been successful in implementing new applications research programs (field surveys or instrumentation) since he joined the GSC, about five years ago. There is no reason to expect that this situation will change in the near future. There is a strong feeling within this section that they suffer from a lack of direction, interest and funding. In addition, the Rock Properties Laboratory in this section appears to be working on projects of little relevance to any particular multidisciplinary programs of the Mineral Resources Division.

It is clear that this section represents technical and human resources which are currently being inadequately utilized by the GSC.

Recommendations

If the GSC becomes involved in "geosphere" problems associated with Global Change (problems in groundwater and toxic waste disposal), the expertise of this section should be utilized toward the study and resolution of such problems.

If this does not occur, the PY and budget resources should be transferred to LCSD. The electrical methods specialists should be integrated into the Potential Field Section; the personnel in the rock properties laboratory should be combined with those in the Paleomagnetism Section to form the nucleus of a national Rock Properties Lab (see Section 7.6).

3.7.5 THE INSTRUMENTATION DEVELOPMENT SECTION (Exploration Geophysics Sub-Division, MRD)

Issue

Is there justification for the Instrumentation Development Section of the Exploration Geophysics Sub-Division, MRD?

Background

There is a group of eight engineers and technicians who concentrate on the development of geophysical instrumentation for mineral exploration purposes. The major areas of investigation, at present, appear to be in the field of borehole logging and the development of data acquisition systems for airborne surveys. Regrettably, their activities in these areas appear to be conducted without any close interaction with industry and may well be duplicating work, either already done or currently underway in industry, either Canadian or foreign.

The Committee is of the opinion that, at the present time, these instrumentation development programs are neither needed because of their availability from other sources, nor justified in terms of the current GSC mission.

Recommendations

The development programs relating to instrumentation development should be terminated as soon as possible.

The instrumentation capabilities of this section should be devoted to the maintenance and improvement of the Skyvan airborne installation, and the maintenance of ground equipment owned by the Exploration Geophysics Sub-Division.

This section should cultivate and establish closer ties to the Canadian industry for instrumentation development, and to the universities for basic research. They could provide a useful catalyst for the development of funding from other governmental agencies for support of research in industry, through the IRAP program. They could cooperate with industry in the testing of new geophysical instruments, to determine their effectiveness over areas of known geology.

3.8 INSTRUMENTATION SECTIONS (Geophysics Division)

Issue

Is there a justification for two separate instrumentation sections in separate subdivisions within the Geophysics Division?

Background

The value of capabilities in instrument development were exemplified in Section 2.1. In particular there is a need for continuing expertise for maintenance, development and enhancement of the seismograph and geomagnetic networks; for development of new instrumentation to address requirements of scientific programs (e.g., portable seismic refraction recorders, ocean bottom magnetometers); for general instrumentation requirements that are a fixture of any data gathering and processing function (e.g., absolute gravity meter); and for maintaining a state-of-the-art knowledge of technical developments such that externally available equipment can be evaluated. Within the GD, there are two sections dealing with instrumentation: the Geophysics Instrumentation Section of the Seismology and Geomagnetic Subdivision and the

Instrumentation Section of the Aeromagnetic, Gravity and Geodynamics Subdivision. The largest group (23 PY) is in the Geophysics Instrumentation Section and is located at the Anderson Road laboratory, separate from the Observatory location of the main GD. This separation reflects some scientific requirements for being away from electromagnetic interference associated with a large city and lack of space available on Observatory Crescent. The function of the section is service and development related to the national seismic and geomagnetic networks and the Yellowknife array for nuclear detection purposes, and support for the equipment needs of other divisions (e.g., LCSD and PGC Subdivision) to enable them to effectively carry out their own programs. The section thus forms an integral part of other programs which are part of the GSC's mandate.

The Instrument Section in the Aeromagnetic, Gravity and Geodynamics Subdivision is much smaller (8 PY) and is physically situated at the Observatory location. The principal functions of the section are the maintenance of the equipment required for the gravity mapping program, calibration and absolute gravity measurements. The VLBI development is carried out in collaboration with university based groups and the Geodetic Survey of Canada, by the Geodynamics Section. Both functions are carried out in close cooperation with the scientists involved in the programs.

No strong expressions of concern about either section were expressed to the Committee. They appear to function well within their respective subdivisions and provide the expertise that is needed to meet the needs of the specific scientific programs. In the case of the larger Geophysics Instrumentation Section, they also seem to be serving well the other divisions, but to maintain or enhance this needed cooperation the Division Directors (or their delegates) will need to remain aware of the interdependence that each has for the other and continue to foster the existing collaboration.

Recommendations

The Geophysics Instrumentation Section in the Seismology and Geomagnetic Subdivision and the Instrumentation Section in the Aeromagnetic, Gravity and Geodynamic Subdivisions are serving their intended function well and should be maintained per the status quo.

The instrumentation component of the Geodynamics Section should continue and enhance its focus on the VLBI system development as it relates to global and regional geodynamical problems. If replacement or additional PY positions become available within the Section, they should be applied to this component (providing the gravity component is not compromised).

3.9 GEOTHERMAL

Issue

What is the future of geothermal research at GSC?

Background

The EPB had a very strong geothermal (heat flow) research group that had received international recognition. Because of the declining interest in geothermal energy and the limited potential in Canada, the merger of the GSC with EPB resulted in the dismantling of the geothermal group. Under these circumstances, the scientists involved in the heat flow program have done extremely well and kept a relatively high profile but they feel that the relevance of their work is not well appreciated and that they are isolated in different facilities (PGC, Calgary, Ottawa) and Divisions (Terrain Science, LCSD, CPMD, ISPG). Regardless of the present low interest in geothermal energy, there are strong arguments for a good geothermal research program at the GSC: the geothermal regime drives tectonic processes, mineral deposit formation, basin evolution and hydrocarbon formation. In the Arctic, permafrost and its geotechnical aspects are important problems. Some of these broad-ranging research programs can and will be conducted by the university community, and in special cases, by industry. However, if the GSC is to keep or expand its expertise in tectonics, mineral deposit formation, crustal evolution, sedimentary basin evolution and permafrost studies, it will need an active geothermal research group.

Within the present GSC, there is at least one expert in geothermal work in each division that needs such expertise (except AGC and in this case there are professors at east coast universities with such expertise). This represents a minimum allocation of human resources. To help maintain their scientific discipline, GSC geothermal specialists have formed an informal specialty group wherein they exchange information and ideas related to their discipline.

Recommendations

Support geothermal research at the GSC at least at its current manpower and budget levels.

The informal specialty group should be supported in their efforts to maintain and enhance their disciplinary expertise.

3.10 TECTONIC MODELLING

Issue

Is the present level of activity in tectonic modelling appropriate to the needs of the GSC?

Background

The ever increasing power of supercomputers has provided geoscientists with the possibility to test hypotheses with geophysical modelling. In the GSC, such expertise in geophysical modelling has been developed at the AGC with very strong interaction with Dalhousie University. The quality of the work done by this group has been internationally recognized and is exemplary in several ways. Geophysical modelling brings together all the different disciplines in Earth Sciences and requires the

participation of applied mathematicians and physicists as well. Also it has fostered a good working relation between geoscientists at the GSC and in academic institutions. The results of geophysical modelling have had impact on the data collection. These exchanges have worked extremely well at AGC.

Much of the expertise developed at the AGC should be used by the other divisions of the GSC, in particular ISPG. Such need was recognized at ISPG where one RS, who is to leave shortly, was actively involved in modelling basin evolution. The AGC has experience in modelling the evolution of rifts and passive margins, intracontinental and foreland sedimentary basins, and is developing experience in collision zones. It is not desirable nor feasible to replicate the unique competence that exists at AGC, but other divisions should have the opportunity to use that expertise for their problems.

Recommendations

Support tectonic modelling research in the GSC at the current level with the present personnel.

Improve high capacity computer support (see also Section 6.7).

4.0 ORGANIZATION RELATED ISSUES

It has been the experience of this Committee that most of the problems uncovered in the course of their discussion with GSC staff, were related to the recent organizational changes, firstly the amalgamation of the Earth Physics Branch with the GSC, followed shortly by the reorganization of the GSC.

These ongoing changes have had a serious impact on the morale of many geophysicists within the GSC. In addition, unless preventative steps are taken it appears likely that there will be deterioration in the level of geophysical expertise, and in the uniformity and quality of the practice of geophysics within the GSC.

We will present below the details of the individual issues which we have uncovered and which are related to the present GSC organization. We will also suggest appropriate remedial action in respect of each issue.

4.1 MISSION OR DISCIPLINE-BASED ORGANIZATION

Issue

Should the structure of the GSC, particularly as it concerns geophysics, be organized according to technical discipline or according to multidisciplinary mission?

This issue is inseparable from its companion issue, viz "Is there adequate, formal, discipline-oriented communication within the present mission-based GSC organization?"

Background

The GSC traditionally operated under long term stable budgets on long term, individual scientist generated projects. A very limited range of scientific disciplines was brought to bear on any one project. Output was in the form of comprehensive maps and occasional papers. The Division Directors controlled the activity in their areas and required minimal outside support.

The Earth Physics Branch operated observatory type recording equipment, recorded data for national geophysical data bases, carried out various types of geophysical surveys, and developed specialized geophysical instrumentation. Data were compiled and published in large quantities over fairly short time frames. Many scientific publications and conference papers were produced.

The absorption of the EPB by the GSC was designed to "reduce the potential for duplication of geophysical activities, to reinforce scientific programs, and to achieve economics of scale." (Geogram No. 24, April 1986). By having geologists and geophysicists in the same Branch, cooperation on multidisciplinary projects was to be improved with new technology being available to provide better tools for increased understanding of the Canadian land mass. The traditional A-base budget has been effectively decreasing and has been supplemented by several short term "soft" budgets, the most notable being the Frontier Geoscience Program. These soft budgets provided funds and personnel for particular types of projects and made new demands on the GSC organization. Each project had specified deliverables and completion time frames. Personnel and funds were made available for limited times and in specified amounts. The amount of funds allowed for the acquisition of significant amounts of geophysical data.

The main direction taken by the GSC in response to these changes was to maintain the traditional operating style. EPB influence in management was minimized by having only two geophysicists appointed Directors and one appointed "Chief Scientist." The latter is so heavily burdened with administrative duties that he has no time to review science. An additional level of bureaucracy was instituted with the addition of four Directors General. Geophysicists were assigned to work in geologist dominated Divisions.

Although Directors at CPGD and ISPG identified the need for additional geophysicists as one of their highest priorities during discussions with this Committee, four openings in these Divisions were recently filled with geologists.

The Geophysics Committee, as it is currently constituted, is not a committee of geophysicists and is not equipped to provide technical communication across the GSC.

With the creation of multidiscipline-based, mission-oriented divisions, and the dispersal among them of what were once centrally directed discipline-oriented groups, there is no longer a central technical authority coordinating common standards for the hardware and software for geophysical data gathering, data processing and data base management. There is a consequent danger that the technical standards, in certain geophysical activities, may deteriorate in certain geographic areas. There is also the

problem of non-interchangeability of hardware or software between groups, thus impeding the ready flow of personnel, equipment and software developments among these groups.

In some cases, organization along disciplinary lines is appropriate because the nature of the problem is primarily unidisciplinary. For example, forecasting of magnetic field variations requires little interaction with other types of scientists. Some aspects of earthquake seismology such as, say, core topography, are purely seismological. Discipline-oriented organization is adequate. For other problems such as, say, mineral or hydrocarbon prospecting or resource evaluation, clearly a spectrum of disciplines is essential. In such areas, a spectrum of scientists should be assigned to a project.

Communication between geophysicists and geologists on particular projects ranges from good to non-existent depending on the group of scientists and the personal qualities of the project leader and is quite independent of whether participants are in one division or many. Communication between geophysicists performing similar work in different Divisions is erratic at best.

Team research has many points in its favor. Most research problems today are too complex to be solved by one individual. When researchers work as a team, a symbiosis occurs and the whole is more productive than the sum of the parts. On a team, young staff profit from their interaction with experienced researchers.

Flexible and economic attacks on problems require a problem orientation, with projects organized in response to identified problems and opportunities. However, the development of expertise, the fostering of long-term understanding of how things are done, and the career motivations of scientists and engineers require a discipline orientation.

The requirements for management of multidisciplinary projects coupled with the need to maintain a high level of scientific capability in a group of scientists in diverse disciplines exist in many science based companies. Various organizational styles have been tried with varying degrees of success. In particular, the Boeing Company has developed a successful approach that is being used by many science-driven companies and appears to be applicable to the GSC.

In the Boeing Company approach, the scientific personnel spend the majority of their time working on a project under the direction of a project manager. They also, however, spend a small amount of time in their technical discipline, reviewing their work with their peers and maintaining and enhancing their competence. It is of particular importance in the GSC, because of the geographical separation of many of the scientists, to have formal, discipline-related lines of communication and interaction with fellow scientists in order to maintain a "critical mass" for development of the science.

Recommendations

The establishment of a type of matrix organization designed to suit the particular needs of the GSC is recommended (see Organizational Chart, Figure 2).

To this end, we recommend that the position and title of Chief Geophysicist be revived, and his responsibilities be redefined as will be stated below. This may imply that the companion position of Chief Geologist will be created. They would report directly to the ADM.

The Chief Geophysicist should be involved with all geophysicist assignments, evaluations, promotions, transfers, etc. To provide authority commensurate with his responsibilities, he would approve all significant projects utilizing geophysics.

The Chief Geophysicist should appoint, with the concurrence of the appropriate DG, geophysicists in the divisions to act as Consultants in their specific disciplines. The functions of the Consultants would include discipline related communication through personal meetings with peers, and involvement at seminars, meetings, and the like. They would monitor the quality of the science in their area of speciality and assist in setting standards in instrumentation, data acquisition, processing, analysis and presentation. On request, they would assist in personnel performance reviews and could be called upon to provide expert information to the Geophysics Committee.

The Chief Geophysicist should review, with each individual geophysicist, the progress of his work at least once each year. The appropriate Consultant would be present at this review and, if convenient, scientists from other Divisions in the same discipline may also attend. The use of invited external experts in this review process would also be encouraged.

He should be chairman of the Sector Geophysics Committee where, with the Directors General and Directors, the planning of all major geophysical programs would be reviewed. This committee would utilize the knowledge of the Consultants as required.

Note:

The above recommendations are designed to reduce some of the problems observed with the present organization. During our discussions with individual scientists, recommendations were put forth, in one form or another, that would create a stronger, line oriented Geophysics Division within the GSC. This type of organization worked well in the EPB and could perform in a similar manner in the GSC. The Committee, however, feels that the joining together of the GSC and EPB will lead to more and more multidisciplinary projects to the mutual benefit of the geophysicists and geologists involved. An improved project management structure (Section 5.1) will be required to make these combined projects work more effectively. The need for critical masses of scientists in individual disciplines to provide stimulating interaction is recognized. The creation of a matrix style organization with the establishment of the Chief Geophysicist position and of Consultants in each discipline, all being charged with communication and liaison duties, should provide this needed support.

4.2 GEOPHYSICS IN FOUR (SUB) DIVISIONS

Of the five currently operating or proposed sites of major GSC geoscience activity outside of Ottawa, only the Atlantic Geoscience Centre was relatively problem free

in the area of geophysical disciplines. Three of the remaining sites suffer from an extreme lack of geophysical personnel; the fourth from an awkward administrative arrangement. The problems observed are discussed below.

4.2.1. INSTITUTE OF SEDIMENTARY AND PETROLEUM GEOLOGY

Issue

Is the level of geophysical staffing at ISPG appropriate to its mandate?

Background

The major objectives of the ISPG are (according to the Division's booklet published in 1982) to describe the bedrock geology of the land and offshore areas of the sedimentary basins of western and northern Canada, to further the discipline of paleontology, to maintain a knowledge base about the coal resources of Canada, and to identify and assess the oil and gas resources of western and northern Canada.

With a total staff of 165 person years, half of which are scientists and other professionals, and being located in the principal city of the oil industry in Canada where geophysics is a significant component in most exploration programs, the Committee was amazed that the total number of staff with geophysical backgrounds is three. In interviews with both geophysical and geological staff members, this extreme imbalance was mentioned as being inappropriate. However, the projects that the geophysical staff have participated in have been of very good quality and well received by industry.

Through FGP, the ISPG has had, and presumably will continue to have, responsibility for contracting to industry the acquisition of seismic multichannel reflection data worth hundred of thousands of dollars and for regional seismic refraction programs, both directed to better understanding the structural evolution of sedimentary basins and the underlying crystalline basement. In spite of these responsibilities, ISPG does not have a seismologist familiar with acquisition and processing of seismic reflection data nor one who is experienced with the complexities of seismic refraction processing and interpretation. As a result, ISPG has involved scientists from the university sector and other GSC divisions in their projects. This will likely continue to be needed but in-house expertise is also required.

ISPG has acquired, or has the opportunity to acquire, thousands of tapes of seismic reflection data from the Arctic for the cost of storage. These tapes contain tens of thousands of kilometres of valuable seismic data, data which cost hundreds of millions of dollars to acquire. This is a unique opportunity to establish an unprecedented data base and one that should not be missed. Yet ISPG does not have any geophysicists qualified to reprocess such data and take maximum advantage of the unique data set.

In a similar fashion, potential field geophysics can play an important role in the scientific mandate of ISPG; and some of the data yet to be acquired as part of the national gravity and aeromagnetic mapping programs are in regions of interest to ISPG scientists. Yet there is not a single scientist dedicated to such research.

Collaboration, for example with the Applications Section at GD, will clearly be required, but again some in-house expertise is needed.

Although management has indicated that staffing of geophysics at ISPG was a priority item, the Committee was informed that when staff vacancies become available, they were filled with more geologists, not geophysicists. Thus there appears to be a discrepancy between what is stated and the action that is taken.

Recommendations

Increase the geophysical staff of ISPG to a level which is more appropriate to the needs of its scientific programs. Specifically, the following minimum needs should be addressed:

- 2 reflection seismologists with capabilities and experience in both processing and interpretation of seismic reflection data;
- a specialist in the processing and interpretation of crustal seismic refraction data; and
- a specialist in the processing and interpretation of potential field data.

These staffing needs could be met partially by transfer of one or two key personnel and, with time, replacement of retiring staff in other fields where the need is not so critical. Even so, the requirements of the scientific programs will require continuing collaboration with such specialists from other GSC divisions and with university scientists.

Seize the opportunity to acquire the Arctic set of multichannel reflection data available on digital tape.

Note:

Nowhere in the national objectives of the GSC was the furthering of the discipline of paleontology mentioned. Did the Committee miss something?

4.2.2 CORDILLERAN SUBDIVISION (CPGD - VANCOUVER)

Issue

Is there adequate geophysical expertise in the Cordilleran Subdivision to support its scientific programs?

Background

This subdivision specializes in Cordilleran geological mapping programs, tectonic syntheses and support for the local mining industry. When visited there were no geophysicists located in this Vancouver office, although the Committee was informed that one RS in potential field analyses was in the process of moving from PGC.

Although it is associated administratively with the Pacific Geoscience Centre subdivision, the interaction of geophysicists from PGC on Cordilleran problems was minimal.

Although the geologists from the Cordilleran Subdivision have attained a deserved international reputation for their Cordilleran studies, the Committee is of the opinion that research involving tectonic syntheses and support for the local mining industry would be enhanced through the addition of geophysicists, perhaps when staff openings become available through retirements. Disciplines that would seem valuable are crustal seismology, potential field methods, geothermal studies and electromagnetic studies.

Recommendation

In keeping with the GSC's stated objectives of multidisciplinary studies and the scientific needs of the programs within the Cordilleran Subdivision, the Committee recommends that geophysical staff be increased to a level commensurate with the needs of the group. The following positions should be considered:

- a crustal seismologist, with expertise in either seismic refraction, seismic reflection or both; and
- a scientist specializing in crustal or regional electromagnetic studies; and
- a geothermal specialist.

4.2.3 PACIFIC GEOSCIENCE CENTRE SUBDIVISION (CPGD - SIDNEY)

Issue

There is a serious organizational and morale problem existing at PGC.

Background

The west coast of Canada offers an exceptional geological situation and a variety of tectonic processes from plate creation to subduction and terrane accretion. The study of geological processes that occur near the west coast has potentially strong social and economic impact. The Pacific Geoscience Centre (PGC) is Canada's national marine geoscience presence on the west coast; it is the western counterpart of the Atlantic Geoscience Centre. As such, part of its mandate is to carry out national geological and geophysical programs both offshore and along the coast. PGC includes the western facilities of the GSC's geophysical establishment, at which certain geophysical programs of national importance are carried out; for example, monitoring of earthquakes in western Canada, geodynamic studies, contributions to the gravity map of Canada and seabed resource studies. PGC also serves as a regional geophysical centre to which are assigned certain specialized tasks for which expertise exists. These tasks are designed to carry out, to coordinate, and to supplement research of socioeconomic importance; examples include crustal geophysical studies such as seismic reflection and heat flow to help determine evolution of sedimentary basins,

paleomagnetism to aid understanding of the long-term kinematics of the Cordillera and its relevance to mineral deposition, and definition of geophysical standards.

At PGC, a small and active group of scientists has achieved international recognition for their studies of the western margin of North America. However, the present administrative structure resulting from the merger of EPB and GSC and subsequent reorganization has done immense damage to morale at PGC. In turn, this is having a detrimental effect on the quality of the scientific activities being carried out. Throughout its interviews, the Committee was surprised to hear the high degree of dissatisfaction expressed by GSC geophysicists; this was probably most intense at PGC. There is clearly a problem which must be addressed directly.

Recommendations

Raise PGC to the status of a Division with its own Director. In so doing, the GSC would be recognizing the necessity of maintaining a marine geoscience centre on the west coast of Canada, a logical complement to AGC on the east coast.

Resources from other divisions should be reallocated to PGC such that its scientific role will be enhanced (with time); some specific recommendations are noted below:

- Some seismicity personnel should be transferred to the west coast where the seismic hazards and risk are higher than in eastern Canada. In this regard, the PGC Director would have to be more sensitive to the needs of this national program and continuing collaboration of all types (financial, scientific, technical and personnel) with the Geophysics Division Director. We note that no recent appointments have been made in this field at PGC; one question might be "Why?".

- Some personnel from the geodynamics and related groups (e.g., neo-tectonics) and applications research related to plate motions could be moved to PGC. (See also Section 3.2, Geodynamics Program.)

- Over time, the marine geophysics group should be augmented and develop capabilities for working in the western Arctic Ocean, just as AGC has been doing in a limited way for the eastern Arctic. Another marine seismologist, with interests in refraction, is required to complement the single reflection seismologist. More of the latter are needed; note that AGC has 3-4 such personnel. Transfer of one quality reflection seismologist from AGC to PGC would help in the short term. Other marine geophysicists also are needed. This recognizes the continuing and enlarging role of Canada's offshore responsibilities for management, monitoring and scientific study.

Closer cooperation in all aspects (technical, equipment, scientific, personnel) between AGC and PGC must be encouraged.

4.2.4 THE QUEBEC GEOSCIENCE CENTRE

Issue

Is the geophysical staffing proposed for the Quebec Geoscience Centre appropriate in light of the GSC thrust towards multidisciplinary projects?

Background

The Geological Survey of Canada (GSC) and the Insitut national de la recherche scientifique (INRS) signed an agreement in 1988 to establish jointly a centre for geoscientific research, to be called the Quebec Geoscience Centre.

The GSC's Continental Geoscience and Mineral Resources Branch will assign to the Quebec Geoscience Centre a 25 person-year team consisting primarily of specialist scientific and professional personnel. This team will be made up of permanent employees of the GSC and will be called GSC-Quebec. The 25 person INRS team to be know as INRS-Georesources will include administrative support staff, plus specialist scientific and professional personnel.

The thrust of the new GSC is towards multidisciplinary projects bringing together geophysicists and geologists to consider common geoscience problems and goals. This approach seems to have been forgotten when the Quebec Geoscience Centre was established as no provision was made to hire geophysicists. By the third year, the staff of 50, mostly geologists, will have to rely on geophysicists based in Ottawa for assistance in their research programs.

The GSC will have its own specific science programs aimed at a better understanding of the origins and evolution of sedimentary basins and their associated mineralization processes, geoscientific modelling and, in the longer term, the preparation of regional geological syntheses for selected target areas, particularly in eastern Canada. Through its research programs, which will complement provincial and territorial programs under the various mineral development agreements, GSC-Quebec will disseminate information, methods and skills relating to the geology and geochemistry of the bedrock, surface deposits and mineralization in selected target areas in eastern Canada. INRS-Georesources will seek to better understand the origins and evolution of sedimentary basins and to assess and strengthen their mineral and oil potential.

The presence of geophysicists on a permanent basis at the Quebec Geoscience Centre is required to assure good communications among researchers and integration of the various disciplines. This initiative will also contribute to improve the Quebec expertise in geophysical scientific research which has been limited in universities during the past ten years.

Recommendation

Geophysicists should form part of the QGC staff so that the ratio of geophysicists/geologists is similar to that of the GSC, i.e., in the range of 10 to 15%.

4.3 AEROMAGNETICS

Issue

Is the present responsibility for the supervision of the aeromagnetic coverage of Canada an optimum one, in view of the relationship to groups of similar interest and industrial clients?

Are the human resources with special competence in aeromagnetic survey technology being optimally utilized for this purpose?

Background

The Exploration Geophysics Division of the GSC was established in the early 1950's, primarily to carry out a systematic aeromagnetic coverage of Canada. The fruits of this program have been of enormous value to the mining industry in particular, in helping to unravel the drift covered geology of Canada and, in many instances, in defining geological environments favourable to the localization of ore deposits.

In addition to setting standards for overseeing federal and federal/provincially funded aeromagnetic programs, the staff of the Exploration Geophysics Division (later merged into the Resource Geophysics and Geochemistry Division 1972), helped to develop novel aeromagnetic instrumentation (e.g., self-oriented optically pumped magnetometer and vertical magnetic gradiometer).

The standards for aeromagnetics, developed by the GSC, have now been adopted by many countries as their standards.

In the reorganization of May 1987, the RGG was disbanded and its personnel and facilities dispersed among the various divisions of the new GSC. The Queenair aeromagnetic equipped aeroplane, with its equipment, was sold and the aeromagnetic instrumentation group was dispersed.

The aeromagnetics program was transferred, together with the bulk of its operational personnel, to the Geophysics Division of the Geophysical Surveys, Hazards and Terrain Sciences Branch.

The Geophysics Division is primarily concerned with the seismicity, geomagnetism, gravity and the geodynamics of the earth's crust. It includes many of the essential functions of the old Earth Physics Branch, now incorporated into the GSC. The Geophysics Division only has contact with the mining industry as the primary external client of the aeromagnetic program and as a lesser client of the gravity program.

The primary internal clients of the aeromagnetic program are the Continental Geoscience and Mineral Resources Division and the Sedimentary and Marine Geoscience Branch.

The Exploration Geophysics Sub-Division of the Mineral Resources Division has an aeroplane, the Skyvan, and operational personnel devoted to experimental (that is,

research-oriented) surveys, an instrumentation R&D section, which in part is devoted to airborne instrumentation, and close contact with geologists devoted to mineral exploration. Clearly, their contacts and familiarity with the mining industry are much better than those of the Geophysics Division. From the standpoint of forming mission-oriented divisions, it may be argued that the Aeromagnetic Group should reside in the Exploration Geophysics Sub-Division of the CG and MR branch, rather than in the GSH and TS branch.

On the other hand, it may also be argued that it would be logical that the contracting out of the aeromagnetic surveys and the incorporation of the resultant data, together with the gravity coverage, into the national geological data base, be left with the Geophysics Division.

Recommendations

Leave the responsibility for contracting out, data processing and presentation of the aeromagnetic surveys with the Geophysics Division. The GD will thus maintain its responsibility for incorporating the aeromagnetic data into the national data base.

Take positive steps to promote good technical communication between those staff members involved in magnetic analysis and interpretation, and their counterparts in all other divisions, for example, the Exploration Geophysics Sub-Division of the MRD, to improve the inter-relation with other geoscientists sharing common interests in natural resource development.

In this way, there will also be better communication with their natural resource industry clients, in particular, the mining exploration industry.

The dollar budgets for completion of the regional aeromagnetic coverage of Canada should be administered by the Geophysics Division.

4.4 MULTIUSER GEOPHYSICAL EQUIPMENT

Issue

Are major items of GSC geophysical equipment generally accessible to and utilized by all Divisions?

Background

Major pieces of geophysical equipment such as the Skyvan aircraft, lunch box refraction seismographs, electromagnetic recording stations, Convex computer, etc., are or could be utilized by geophysicists in more than one Division. Having control of such equipment centred in the same Division where users are located reduces, either in fact or in perception, the availability of this equipment to potential users outside that Division.

The Skyvan aeroplane has been used for a limited range of remote sensing applications. No effort has been made to utilize it for other applications.

There is a perception among some geophysicists that certain equipment, such as the new electromagnetic recording system, is not as accessible to them as it is to geophysicists in the Division owning this equipment.

Significant items of marine equipment located at either AGC or PGC could be shared in an equitable fashion.

A Convex mini supercomputer was purchased by one Division without agreement with possible users in other Divisions. This machine may not run the software available in these Divisions so it may not be utilized fully.

Other similar examples exist.

Recommendation

In order to ensure availability of major geophysical equipment on an equal basis for all geophysicists to maximize utilization on the most significant projects, the Chief Geophysicist, after consultation with all interested geophysicists, will approve the purchase of all major geophysical equipment and, on an annual basis, create a schedule for usage of such equipment.

5.0 MANAGEMENT RELATED ISSUES

Introduction

Organizational changes related to the merger of the GSC with the Earth Physics Branch and the thrust towards multidisciplinary projects have been two of the major factor affecting management at all levels. The requirements to coordinate projects involving a wider range of scientists with diverse skills; maintain effective communication, control and individual motivation; and ensure timely completion of deliverables has placed new demands on the management system. In certain areas, it has worked very well; in others, documented below, it has not.

This Committee has isolated a number of issues which are related to these current GSC management practices. These will be presented below, together with the recommendations of the Committee for remedial action thereon.

5.1 MAJOR PROJECT MANAGEMENT

Issues

a. There is a need for proper project management structure for major GSC projects.

b. Major projects involving more than one division are not being effectively managed.

Background

The GSC is undertaking certain multidisciplinary projects which may require contribution from, and participation by, more than one division or branch. In such instances, each group which contributes personnel and equipment may be operating independently from other groups and may be concerned only with its segment of the project, in respect of schedule, of data processing, and of medium of presentation.

The typical project that has functioned well in the GSC has been one initiated by a small group of scientists who work on a project of limited scope. Major projects involving more than one Division such as the DNAG and Ice Island projects have been poorly managed. These projects, initiated as major GSC initiatives, have come in conflict with the scientist initiated/Director supported style of traditional GSC management. The Directors have often not given their full support, and the project leader has never been given any authority to obtain the necessary equipment and staff.

Problems seem to arise because of a lack of project control and tracking which seem to be compounded in the publication state. In some instances, where projects have been funded so as to interlock with others a year later, they have not linked for up to three years, and some earlier results seem to have vanished completely. In most cases, individual tasks to be undertaken or the survey methods and activity schedules have not been set, thereby making the project undefined and untraceable in the end.

There appears to be a lack of attention to the need for an organized project management structure, to be established at the commencement of such projects, wherein there is one project manager who has full responsibility for the execution of all aspects of the project, and of the synthesis and presentation of all data in a final report or reports, on a pre-determined schedule. In practice, individual contributors to the project are not committed and seconded to the project manager for the duration of the project and the submission of the reports thereon.

In some cases, problems arise because of a reaction to an effective team approach at the beginning of projects, thereby eliminating any effective communications regarding the data and the publication thereof.

Planning of many of these projects has been erratic and communication among the various participants often has been poor. The outputs have been slow in coming and varied in quality.

Recommendations

Establish formal project management as a routine policy in the GSC. Each project should have clearly stated objectives, a target date for completion and milestones against which progress is measurable. Projects should be completed in human rather than geologic time.

For multidisciplinary projects, whether within one division or involving more than one division, establish a proper project management structure, with one project manager

responsible for the entire project, with clearly defined lines of authority and responsibility, clearly defined objectives, including budget, time and technical content, appropriate milestones and a pre-determined review procedure to ensure adherence to these objectives. Written project job descriptions should be drawn up for each participant in such a project.

Major projects involving several disciplines and/or Divisions should have a Project Manager appointed with defined supervisory authority. An overall plan and, if necessary, a plan for the year, should be prepared for approval by GSC management. This plan should include detailed descriptions of the objectives of the project, the costs of the various components, and, in particular, a detailed list of the equipment and personnel required. A flow chart should be prepared showing the timing of the various components of the project and the scheduling of the scientists' time including planning sessions, field work, data reduction and analysis, and completion of final report.

The resources required should be made available by the Divisions involved with the Directors assisting the Project Manager in ensuring the personnel and equipment assigned are available when required and that data analysis, interpretation and the final report are completed in a timely fashion. All personnel assigned should be made responsible to the Project Manager for their part of the project.

The Directors General should be charged with the responsibility of reviewing the status of each project at regular intervals to ensure that the goals are being met.

5.2 DOLLAR AND PERSON-YEAR BUDGETS

Issue

Except for changes related to "soft" budgets, the GSC has a static budgeting policy that does not allow for changes in programs and objectives to accommodate changes in national priorities.

Background

GSC budgeting philosophy is illustrated in the Long Term Plan, Total Resource Allocations, for 1987-88 to 1991-92 where, except for changes related to soft money programs, the dollar and PY budgets are absolutely static over this time interval. It is recognized that this is a planning document and that changes in resource allocations could be made. However, given the previous history of attempts to re-allocate budgets and the "fortress mentality" of the various Divisions, such reallocation under the present operating plan is likely to be minimal.

> "We know from experience that it takes probably 2-5 years, depending on circumstances, to seriously shift (scientific) gears in response to changing external factors and client demands." (Internal GSC report)

The rigidity of dollar and PY budget distribution does not reflect the requirements of short-term, multidisciplinary, high-cost projects. It is recognized, however, that a

level of stable A-base budgeting is required to maintain continuity in staff and facilities planning. The recent shift towards soft money funding required much greater flexibility.

Attempts to shift budgets between Divisions have had limited success. For example, FGP dollar and PY budgets were established based on the activity levels of the various Divisions at the initiation of the Frontier Geoscience Program. The dollar budgets have been changed over the course of the first four years of FGP, the PY budgets have not. Even though there has been a shift in dollar budgets from the East Coast to the West Coast, the present allocation of PY's generated by FGP does not reflect the present level of FGP activity in each Division.

Budgets for national gravity and aeromagnetic programs are currently allocated to individual divisions because that is the way it has always been done. This allows interference in the national programs by the divisions, with sometimes detrimental effects.

Recommendation

If a more flexible budgeting plan cannot be introduced, it is recommended that an arbitrary reallocation scheme be implemented, possibly as follows:

Each year 10% of the dollar and PY budget of each Division will be "sunsetted" for possible reallocation to other projects and/or other Divisions.

Notes:

The reallocation of person years would result from both attrition and physical moves, possibly 5% from each source. The Executive Committee, made up of the ADM, the DG's and the Directors, would reallocate these resources. This would provide staff and money for new thrusts, emergency programs, contingencies, project enhancements, and would, of course, permit downsizing of low priority projects or those entering their final stages.

Certain national programs, such as the seismograph and geomagnetic observatory networks, as well as the national aeromagnetic and gravity mapping programs, should be exempted from these "sunset" provisions.

5.3 EFFECTIVE UTILIZATION OF RESOURCES

Issue

There is no listing and sharing of the human and material resources of the GSC whereby anyone in one part of the GSC, may determine to whom to refer for assistance, when in need, for a specific project.

Background

The GSC is a large and diverse organization with divisions spread from coast to coast. Within its ranks, there are centres of competence (both human and equipment) in specialized technical areas. These centres of competence should be drawn upon, when needed, to support projects requiring their special abilities, whenever and wherever they may occur in Canada, for maximum utilization of these resources.

There does not appear to be a well understood and practiced policy within the GSC that personnel and equipment belonging to any division may be seconded, on a project-by-project basis, to another division. More commonly, such resources are guarded by the owner division.

Recommendations

Establish a policy for maximum utilization of human and material resources across the GSC through mobility of these resources on a project/need basis.

Individual DG's, directors and subdivision heads, should be encouraged to borrow or second personnel and equipment in order to get better utilization thereof, across the GSC, to avoid duplication of specialization and scarce resources, and to improve communication, team spirit and technical standards.

As part of general technical communication, the Chief Geophysicist should prepare a detailed listing of human resources (with areas of expertise) and material resources in geophysics, and circulate these to all GSC personnel. In this way, every GSC scientist will be aware of the resources to which he may refer in case of need, either for use on a particular project, or simply for information purposes.

5.4 PERSONNEL RECRUITMENT

Issues

How can the GSC obtain scientists of the highest quality at a time when there is a lack of such scientists in some fields, particularly within Canada?

Background

To maintain its high scientific standards, the GSC needs continuing renewal of retiring or departing staff with high quality young scientists poised to meet the challenges of the future. Yet most managers with whom the Committee met noted the lack of geophysicists being educated to the Ph.D. level in Canadian universities, particularly in some specialty fields. According to Ghent (1988), only 7 Ph.D's graduated in the field of geophysics in 1986-87 from a total of 102 Ph.D.'s in the earth sciences. At the M.Sc. level the breakdown was 28 of 272; and at the B.Sc. level 98 of 826 graduates in the earth sciences were in geophysics. A clear lack of geophysics graduates and, by implication, a lack of suitably qualified Canadian Ph.D. graduates, is evident. On an international basis, both universities and government agencies can expect strong competition for good young geophysicists.

The GSC (including the former EPB) has been able to attract many good quality young scientists, partly because of its reputation and the opportunities that are provided to carry out meaningful research without undue interference (but still consistent with GSC's mandate). Recently, in a number of cases, they have successfully recruited from the international community because qualified Canadians were not available. The situation of hiring both Canadians and non-Canadians will likely continue, but the GSC needs to be more pro-active in promoting geophysics at the post- graduate level in Canadian universities.

While recognizing that the GSC has considerable collaboration with universities, the Committee considers that improved and enhanced communication with, and support for, Canadian university departments with graduate programs in geophysics would produce a long-term benefit to the GSC. In some cases, this might just mean "up-front" promotion of existing support. Lectures by GSC staff, more collaborative research in which such collaboration is clearly known by students, and similar activities would ensure a higher level of awareness among students of the programs and opportunities in geophysics at the GSC. Clearly, carrying out and publishing exciting research at the GSC provides a means of attracting outstanding personnel. The present program of "Visiting Fellowships in Government Laboratories" which is administered through NSERC is an excellent one.

Recommendations

The GSC should become more pro-active in developing Canadian expertise at the Ph.D. level, particularly in fields which have been identified as lacking qualified applicants. This could be done by implementing a plan of support such as a Ph.D. Fellowship program at Canadian universities in which the fellowships are provided to qualified Ph.D. students (through a competition) to obtain their degrees in research areas of critical importance and assure them of a position upon graduation (pending an acceptable peer review of their accomplishments).

The GSC should expand its Research Agreements programs in geophysics, paying particular attention to those fields where it perceives a distinct need; and the grants should be advertised more widely so that students are more aware that the research is being supported by the GSC. In this the GSC will require cooperation of university faculty members.

The GSC should at least maintain and, if possible, enhance its postdoctoral fellowship program, "Visiting Fellowships in Government Laboratories".

GSC geophysicists who are good speakers and have exciting topics should regularly give talks at university earth science departments, particularly to undergraduate groups, to demonstrate the excitement and opportunities that are available; and also give talks of a more research nature to graduate students and faculty, as is frequently done now.

The GSC should continue and enhance its visibility at international conferences through appropriate presentations in order that young foreign scientists continue to

be aware of the quality of research in geophysics and the opportunities offered by employment with the GSC.

5.5 PERSONNEL REVIEW AND ADVANCEMENT

Issue

Personnel advancement criteria.

Background

Performance appraisals and advancement criteria for geophysicists are now commonly administered, in most divisions, by geologists who occupy the management roles. The ability of such managers to adequately judge the performance of their geophysical subordinates is open to question. In addition, the common practice of judging the performance of a GSC scientist by the volume of his publications is deemed to be unfair to certain individuals whose work does not naturally provide material for publication.

The USGS has recently established criteria other than publications for evaluating performance. The USGS is searching for ways to take account of service activities to the Survey or to the scientific community.

Recommendations

The GSC should examine its current criteria for advancement to ensure that it covers all types of professional activity equitably, including those which would not normally be expected to produce publications.

If the supervisor of a particular geophysicist is non-expert in the latter's field and therefore is unable to adequately judge the technical merits of his work, he should call in the "consultant" in that field for assistance in this aspect of his performance review. The Chief Geophysicist should be involved in all reviews of geophysical staff.

5.6 MANAGEMENT TRAINING

Issue

GSC scientists are reluctant to take on jobs as project managers, supervisors and managers.

Background

It was mentioned by a number of scientists that it is difficult to develop suitable supervisory staff and managers from within the GSC. Most scientists preferred to remain in scientific roles seeing little benefit and many problems if they shifted into more administrative functions.

Since it is highly desirable that those scientists who are technically competent and knowledgeable, and have the potential for supervisory work, be encouraged to take on such assignments, ways should be tried to make supervisory jobs more rewarding. The main rewards a supervisor receives is the knowledge that his efforts are appreciated by those he supervisors and by those who supervise him. GSC management can enhance this satisfaction by maintaining a high level of communication with supervisors at all levels and by monitoring the progress of their projects so that timely recognition of successful results is forthcoming.

Responsibility and authority should be delegated to the lowest effective level (see also Section 5.1). First line supervisors should receive more personal perks, such as attendance at international conferences, and have a significant input into the selection of members of their staff attending meetings, workshops, conventions, etc.

Within the limits imposed by government policies, financial incentives should be given to supervisors. It would be logical, for instance, to temporarily increase one step the salary grade of any scientist functioning in a supervisory position. The corollary to this, of course, would be to reduce by one step the grade of any supervisor returning to scientific work.

Supervisory skills could be upgraded through formal schools in project management techniques, human relations and management theory. Training assignments in other locations in the organization, special projects and industry/academic rotations could be used to help further develop such skills.

Recommendations

The GSC should develop a comprehensive training and replacement plan for supervisors at all levels.

The desirability of supervisory jobs should be enhanced by increased management communication, increased authority, personal perks, etc.

Training in project management, management theory, human relations and other supervisory skills should be provided to all scientists acting as project managers or supervisors.

5.7 MORALE OF GEOPHYSICISTS

Issue

What is the current status of morale among geophysicists at the GSC since merger of the EPB and (old) GSC?

Background

Some geophysicists, for example those now in LCSD Seismology and EM Section, expressed considerable satisfaction with their situation, while others, for example those previously within the GSC at AGC, were neutral concerning advantages or

disadvantages of the merger. However, the degree of disgruntlement evidenced by GSC geophysicists in interviews with the Committee was surprising. This varied appreciably among and within different groups, but was most intense at the Pacific Geoscience Centre and, in Ottawa, among the exploration geophysicists and some of those in GD. Certain themes were similar throughout their comments:

- Reorganization within recent years has subordinated geophysicists to geologists, separated them from support elements, reduced their voice in the making of decisions; and de-emphasized some traditionally important geophysical activities such as development of exploration techniques and seismological monitoring.

- Many geophysicists are in elements too small to constitute a "critical mass", thus not affording them as stimulating an environment and often leading to their work being evaluated by non-geophysicists.

- Most significant, work believed important by the geophysicists is not adequately supported, so they feel their talents are not being effectively used, and that excessive time is spent getting the means, often improvisatorially.

Such problems are common in government agencies everywhere, under the decline of budgets and shifts of agency goals toward matters identified as more significant to the commonweal (Perestroika has undoubtedly caused much groaning in Novossibirsk). The need is to address them properly.

The GSC has one main orientation that is properly in support of the mineral and petroleum industries, providing the mapping background, regional framework and long-range technical development to aid free enterprise in those aspects where returns on investment are unlikely or difficult to foresee, or where industry-wide standardization is desirable. This emphasis on resource rather than environmental concerns, compared for example to the USGS, arises from the greater dependence of the Canadian economy on mineral exports. It is worth noting that this is changing (see also Section 7.3).

From a geophysical perspective, the further shift in emphasis from technical development to addressing geological problems leads to a greater influence of geologists compared to geophysicists. Another main GSC orientation in geophysics, operation of observatory networks and national gravity and aeromagnetic mapping programs, is properly excluded from such considerations.

In the past, geophysics in the federal government has had a good level of support and considerable freedom to decide what to do, within the context of mission-oriented programs. With tighter budgets, shifts of emphasis, and the inflexibility of civil service rules, this leads to some individuals and small groups languishing with decreasing support for their traditional activities and no great pertinence to the new emphases. This will cause morale problems for which little can be done except to encourage shifts in activities. Fortunately, this situation applies to a minor fraction of GSC geophysicists.

Recommendations

Management should make all effort possible to keep informed those, who may be disgruntled, of policies affecting them and to consult with them as much as possible about how policies should be modified and implemented. (The difficulties of so doing when harassed by squeezed budgets, delayed guidance from above, increased paperwork, etc., are recognized.)

The Committee considers that the recommendations made in Section 4.0 would address many of the problems related to morale of the geophysicists.

5.8 LACK OF SUPPORT STAFF

Issue

Technician and Physical Scientist support staff is in short supply at many locations, so Research Scientists spend a significant portion of their time performing lower level functions.

Background

In the GSC a PY is a PY regardless of the training or capabilities of the individual. The hiring policy has, therefore, been biased towards getting the biggest bang for the PY, to hire the more qualified candidates such as Research Scientists, and minimize hiring of lesser trained support staff.

The actual payroll cost is of no direct concern to the Directors, and the effects on Research Scientist morale when faced with the need to undertake numerous mundane jobs appears to have little impact on providing a better balance in staffing.

Recommendation

Determine the percentage of time that each Research Scientist spends on support staff type activities, establish desirable ratios of scientist/support staff for specific groups of scientists, and modify present hiring policies to attain these ratios.

6.0 PRODUCT RELATED ISSUES

6.1 PUBLICATION OF DATA

Issue: Maps, Reports, Presentations

Is there an adequate review policy in place within the GSC to ensure that there is the same level of quality control on oral presentations and dissemination of data in digital format as there is on written reports and maps?

Background

It is essential that the GSC, as a scientific organization, and its scientists have the respect of the national and international scientific community. Publications and presentations are an essential component of the effort to assure recognition and furthermore are an important element of communication in science to which GSC should contribute.

The GSC has had a well deserved reputation of producing very high quality written documents and exceptional quality maps. See the section on "Basin Atlases" for additional comments.

There is an overall need to compress as much information into a format that is easy to use. The maps traditionally produced by the GSC fulfill this requirement and are in great demand. Written material, if current, is useful but usually reaches a fairly small select audience. A presentation at a conference may be attended by 100 or more earth scientists with a wider range of interest. Digital information is becoming more and more significant as a means of publishing geoscience information.

The quality control exercised by the GSC on these four areas of publication range from extensive to minimal. The traditional map and written publication modes receive intensive review; oral presentation and digital output receive minimal quality control.

The results of much GSC work are published in scientific journals after being carefully reviewed and edited to maintain the high GSC standards. Prior to publication, much of this material is presented at conferences and seminars. The quality control exercised over these presentations is minimal. Because the standards of the individual GSC scientists are high, most of these presentations are well prepared and well presented. There have been recent cases, however, of duplicate papers from different Divisions being presented at the same conference, poor quality slides being used, disorganized talks, and the like. Since earth scientists are being inundated with more and more written material which is being read less and less, the reputation of organizations such as the GSC will be increasingly appraised by those attending these presentations.

Recommendation

GSC should ensure that the highest quality is maintained for all published data through internal review procedures which should provide critical assessment and positive suggestions for betterment. In particular, the importance of peer and supervisory review and criticism of conference presentations should be recognized.

The increased output of geoscience information in digital format requires standards as discussed elsewhere in this report.

6.2 BASIN ATLASES

Issue

Are basin atlas compilations an appropriate form of GSC publication?

Background

The Slind report evaluating the Frontier Geoscience Program produced statistics based on 112 responses from government, universities and industry. The rating of "Very Useful" as an output format of FGP work was ranked by percentage for the following types:

Atlases	61%
Maps	51%
Papers	45%
Open Files	44%
Memoirs	43%
Technical Journals	32%
Current Research	26%

Slind's report also contains the following observations.

> "All of the Geological Surveys formats are useful, but some are more appropriate to certain projects than others:
>
> An Atlas would be a fine piece of work and is favoured by all except the contractors. It is, however, an expensive and time consuming publication which could be too dated by the time it is released.
>
> Memoirs share the same advantages and disadvantages with the Atlases.
>
> Current Research and the Technical Journals are the least popular formats, largely because the data tends to be scattered and back-up and illustrative material skimpy.
>
> Maps, Open Files and Papers are popular because they allow the results of research to be published in a timely fashion.
>
> A major criticism of the Geological Survey is that it takes so long for material to be published. The users do not want the quality of the research compromised, but publishing deadlines should be set and met. We realize that much delay often occurs in the official printing offices. A keen management should be able to overcome that problem." (Slind, 1988)

The compilation and publication of Basin Atlases was initiated and is being carried forward primarily by the Atlantic Geoscience Centre. Preparation of these atlases has brought together a variety of geologists and geophysicists on these multidisciplinary projects in a manner that conforms to the new direction that the GSC has mandated.

The atlases themselves will provide the users with concise and comprehensive information and bibliographies, and will become the standard references for each basin.

In order to publish these in a timely fashion, AGC will be utilizing local services for printing and binding. Since many of the scientists providing data will have an active role in the final atlas preparation, they should feel a high level of pride in the final product.

Basin atlases covering the Labrador Shelf, Grand Banks, Scotian Shelf, Hudson Bay, Gulf of St. Lawrence, and the Beaufort Sea are planned.

The Cordilleran and Pacific Margin Division is conducting a large scale multidiscipline project in the Queen Charlotte Basin which may lead to a Basin Atlas publication.

Multidisciplinary projects require a departure from the traditional view that each scientist's data is his own to publish. Joint publications, particularly in the Basin Atlas type of format, are to be encouraged.

Recommendations

The basin atlas format of GSC publication is strongly recommended.

Each Division should review its current inventory of information with the object of publishing a continuing series of atlases over the next decade.

In the interest of expediency (unless prohibited by official government policy), these atlases should be published in either of the official languages while the translation into the second language is undertaken.

6.3 ARCHIVING OF DIGITAL DATA

Issue

More and more data are being gathered and/or stored in digital form. Standards for cataloguing this data and proper archiving need to be established and maintained.

Background

Large volumes of digital field recorded data, such as that recorded by seismic surveys, are being added to the GSC's information base. Systems for cataloguing and archiving these data are poorly defined at present so there is a risk that some data may get lost or, due to faulty storage practices, become unusable.

It is standard practice to store digital tapes in temperature controlled environments, rotate the reels in their racks periodically to equalize the stress and stretching of the backing material, and to periodically rewind the tapes to maintain uniform tension. This has been deemed necessary for digital tapes to ensure that the data will be readable for several decades.

It was not clear to the Committee that there was anyone at the GSC responsible for monitoring the cataloguing of these data and ensuring that proper archiving procedures were being carried out.

Recommendation

The Chief Geophysicist should review the present procedures and, in cooperation with the Divisions, establish thorough cataloguing procedures and designate proper archiving locations.

6.4 DIGITAL INFORMATION STANDARDS

Issue

The GSC has no coordinated policy regarding purchase of computers and packaged software programs, standards for software development, for digital information acquisition, transmission, processing, distribution or storage.

Background

As a source of standards in the earth sciences in Canada, the GSC has played a major role over the years in setting standards for geologic classifications, mapping and the national gravity data base.

Unfortunately, this thrust has not extended into the general areas of geoscience data bases, computer hardware and computer software. Each GSC site visited is meeting its own needs in its own way, resulting in a proliferation of data base systems, digital formats, software packages and an absolute zoo full of different types of computers.

Purchasing a variety of computers leads to inefficiency and higher costs. Software purchased for a VAX will not usually run on a CONVEX, a CDC workstation or an IBM PC. Software developed by the GSC on one machine will require modification before it will function on other brands of computers. Data stored on one data base system can be accessed only by other machines with similar systems.

Some of these problems have been recognized:

> "Opportunities exist to acquire industry seismic data, but GSC has to set priorities, budgets and develop an **archival system**. Such acquisition and development of data bases necessitates improved interchange of data between scientists throughout the GSC. It follows that there needs to be better ways to present such data to the public (e.g., atlases, sale of disks)."

> "You will note that a consensus is emerging around the increased importance of digital technologies to the delivery of geoscience data, the need for greater emphasis on syntheses in our data bases, customization of our products, renewed vigour for our National geoscience mapping program, and the vital importance of effective communication of our expertise to the full range of client we serve."

"The list of S&T developments . . . was headed . . . by **digital equipment for acquisition, storage, distribution** of all forms of geoscience information." ". . . this technology is essential if GSC is to deliver its mandated service of information and expertise to its clients and users in the near future. These users need and want digital data, rapid access, accurate positioning, etc., etc., and unless the GSC retools to deliver, we will become increasingly irrelevant."

[GSC Internal Report]

The data archiving and distribution group at the Atlantic Geoscience Centre has studied USGS digital cartographic data standards and is adopting DLG3 as the standard for some of their maps. This is being done independent of other groups within the GSC or EMR.

The Minister of State for Forestry and Mines has recently (1988) announced a $16 000 000 program called the Geographic Information System to produce computerized maps. Without proper coordination, the GSC will not be able to make maximum use of this system.

The American Association of Petroleum Geologists has a data base standards committee with representatives from American, English, French and Dutch oil companies, major computer service and information companies, state geological surveys, and the USGS. An example of the work performed by this committee was published in the May 1988 issue of Geobyte. The GSC is not represented on this committee. There is no group within the GSC charged with the responsibility of developing standards for internal use and external distribution of most geoscience digital information.

Recommendations

Standards for computer and software acquisition and software development, and digital data bases should be set up and maintained. A committee with representatives from each Division and the Chief Geophysicist should be formed to establish these standards. The use of outside experts on this committee is recommended.

When standards are established, this committee should review all proposals for purchase, development or output in the digital area to ensure that they are being followed. The GSC should have representatives present at international standards meetings such as those held by the AAPG.

6.5 NATIONAL DATA BASES

Issue

The specification for collection of gravity and aeromagnetic data require review to ensure that the needs of the end users are being met.

Background

The specifications for the collection of high quality geophysical data require input from a cross section of the users of the data. Standards acceptable to a scientist studying large scale processes in basin development may not be suitable for another scientist studying more local features. It is usually possible to accommodate the needs of a variety of end users provided that they are consulted in the survey design stage.

Obtaining a wide range of input can significantly improve the quality of the data obtained, often with no increase in cost. An example of such positive benefits is the aeromagnetic survey conducted over the East Newfoundland Basin by a joint GSC/petroleum industry group in 1984, where the Global Positioning System was used for the first time, at the request of the industry group. The quality of the navigation far surpassed that of previous surveys and GPS has now become the standard specification for navigation. A controversial example is another aeromagnetic survey flown in 1987 over the Queen Charlotte Islands. Instead of flying at a constant elevation, this survey was flown at a constant height above average ground elevation. This type of recording technique provides reasonable profile data for interpretation of local anomalies, which may satisfy the needs of some users but cannot readily be combined to form a grid of lines that allow areal processing and interpretation.

The National Gravity Data Base is much used by earth scientists in Canada. The data supplied does not presently include all the inner terrain corrections so is not as accurate as it could be. After consultations with the user community, the format of the gravity data file is being changed to include this additional information where it has been documented.

The Geophysics Division is currently developing a National Magnetics Data Base that parallels the Gravity Data Base. It is recognized that a great deal of work will be required to level the data from survey to survey. The end result should be an excellent data set that will allow computer assisted interpretations over large areas.

It is recognized that the Geophysics Division has two committees existing at the present time to consider standards for aeromagnetic surveys and for data exchange and archiving. Both of these are sub-committees of the Natural Geological Surveys Committee.

Recommendation

Specifications for collection of data for the national geophysical data bases should continue to be reviewed periodically by a group representing GSC and outside users.

6.6 HIGH SPEED DATA TRANSMISSION

Issue

High speed digital data transmission from observatory sites and from users to remote computer facilities is required.

Background

The GSC presently supports several observatory data gathering and transmission systems using land based telecommunication facilities.

The need for scientists to process seismic data from remote sites increases the need for high capacity transmission capabilities. The present telecommunication system used by the geodynamics modelling group at AGC is substandard.

Other government departments, such as the NRC, are evaluating satellite communication systems. Would the acquisition of a satellite communication network be cost effective for the GSC for communication of data from monitoring stations, field parties and from outlying divisional offices? The GSC may be able to cooperate in a joint system.

Recommendation

The GSC should study its data communication requirements with the view to setting up high capacity transmission facilities to serve the needs of its earth scientists, should the study prove to be cost-effective.

6.7 HIGH CAPACITY COMPUTER SUPPORT

Issue

GSC geophysicists have ever increasing needs for high capacity computer support in areas such as geodynamic modelling, seismic processing and three dimensional gravity and magnetic modelling.

Background

The geodynamic modelling group at AGC leases time on a CRAY computer at Dorval with access via a low capacity telecommunications line. Micro Vax based seismic processing systems for small scale seismic reflection and refraction processing exist at three locations. These are not suitable for large volume seismic processing. A Convex computer is located in one division in Ottawa but has only limited throughput seismic processing capability. The Lithoprobe Seismic Processing Facility is fully operational in Calgary with excellent commercial seismic software and excess capacity during some time periods.

The lack of an overall plan and coordination of developments in the digital area discussed elsewhere in this report extends into this area also.

Recommendations

The digital standards committee (see Section 6.4) should also study computer needs in the GSC and devise a cost effective plan that will provide the computer support required by GSC geophysicists.

The use of the Convex computer already owned by the GSC should be evaluated for geodynamic, gravity and magnetic modelling, etc.

7.0 NEW DIRECTIONS AND CHANGING EMPHASIS

Within the broad mandate of the GSC its activities must evolve in emphasis as well as kind, in response to changes in national needs and priorities.

The Committee has selected, for highlighting, a few GSC activities for which it would recommend increased emphasis, or new directions which the GSC might take in light of current national conditions and trends in Canada.

7.1 CONTINENTAL DRILLING PROGRAM

The Canadian Continental Drilling Program (CCDP) is a major initiative in the Earth Sciences. It is aimed at complementing with drill hole information geological and geophysical data concerning the nature of the continental crust, in particular to complement the data collected by Lithoprobe. If it develops as planned, CCDP will have an impact on geoscientific research in Canada and thus on the GSC. At least one scientist in the GSC is actively involved in the Planning of CCDP; several scientists are involved in some of the preliminary proposals for drilling.

The development of CCDP will have an impact on geophysics at the GSC. The drill holes will provide test sites where geophysical experiments can be conducted. The data collected in the holes will help provide calibration of geophysical interpretations. There will be a definite need for preliminary geophysical studies before any drilling can be conducted. The logistical support of the GSC will facilitate the development and elaboration in the program. As this initiative develops, it will be appropriate for the GSC to support the CCDP, both financially and by encouraging participation of its scientists in the program. Also, there will be a need for a major core samples library and for measurements of physical properties. The GSC would be the logical place to locate these national facilities.

Recommendations

Before any drilling is undertaken, extensive surface geophysical studies should be carried out in the region of the planned drill hole. Grids of 3D seismic reflection, gravity, magnetic, electromagnetic and magnetotelluric data should be included. Upon completion of drilling, the hole should be logged with all available geophysical downhole logging tools plus offset vertical seismic profiling using both compressional and shear waves. If available, downhole sources and surface receivers also should be employed.

If CCDP becomes established, the GSC should establish the national core sample library as it is the only appropriate national institution with the mandate and experience to do so. Concurrently, the need for measurements of physical properties of the samples will require the establishment of a rock properties laboratory (see also Section 7.6).

7.2 MEGATHRUST EARTHQUAKE RISK

The potential for a megathrust earthquake (magnitude 8 or greater) associated with the Cascadia subduction zone off southwestern Canada is a controversial topic. Scientific evidence is accumulating that such an earthquake is a realistic possibility (Dragert and Rogers, 1988). Such a major seismic event on the west coast would have dramatic social and economic consequences. In response to this, the GSC has prepared a Memorandum to Cabinet (a version dated 14 January 1988 was made available to the Committee) recommending "a new geoscience program to assess the potential of a catastrophic earthquake in southwestern British Columbia".

Recommendation

The Committee strongly endorses the proposal to evaluate the risk of a mega-earthquake in southwestern B.C. **New financial and personnel resources would have to be allocated.** This recommendation complements others related to PGC.

7.3 GLOBAL CHANGE

The Committee has examined the theme "Global Change" as it applies to geophysical activities and are suggesting several potential program areas which are growing in social importance. The first of these areas involves the development of methods which would be effective in defining the subsurface geometry and temporal growth of electrolytic pollution plumes. As well, buried contaminants, are closely related. The second area involves the establishment of a multidisciplinary study team to improve geophysical methods for the exploration of groundwater. Groundwater regimes in many populated areas are changing at an increasing rate due to increased development. Water supplies are becoming strained and in some areas, the availability of water resources or lack of them effects development adversely.

Anthropogenic changes of major proportions are taking place at a rapid rate in our global environment. These include the pollution of our rivers, lakes and oceans by the dumping of toxic waste, the spoilage of our land surfaces by the dumping of municipal and chemical waste, the acidification of our lakes by airborne concentrations of sulfurous and nitrogenous gases, the destruction of the ozone layer in the stratosphere through interaction with chlorinated fluorocarbons, the introduction of saline groundwater through irrigation-based farming in semi-arid areas and the over-pumping of fresh water aquifers in coastal areas, and the "greenhouse" effect of the enormous release of CO_2 into the atmosphere through the combustion of fossil fuels and the simultaneous destruction of vast tracks of tropical and temperate forests.

Although the GSC cannot directly attack the sources of these changes, it can help both to monitor their extent and to assist in their accommodation and even circumvention.

A good discussion of environmental changes and the possible role of the GSC in regard thereto, may be found in Sections 5.5, 5.6 and 5.7 of Mapping the Landscape (Church, 1987).

Most of the above mentioned effects of global change are felt through deterioration in the quantity and quality of our surface and groundwaters. Within the GSC, there exists geophysical expertise which would be appropriate to bring to bear on these problems.

Most engineering or environmental site studies of the subsurface make extensive use of drilling for testing purposes. The application of geophysical methods to these are not considered a "standard practice" in Canada. In other countries they are seeing increasing use in these fields. Underwriters for projects involving the subsurface are becoming increasingly unable to insure the risks involved with these projects at reasonable rates; at the same time environmental regulations are focusing the liability for damages on contractors. There is a strong need to increase our ability to examine the subsurface with improved methods and to demonstrate these in multidisciplinary projects in order to introduce effective methodologies to larger engineering firms and municipalities so as to encourage the development of "standard practice" in this field.

The Electrical Methods Section of the Exploration Geophysics Sub-Division of the MRD has expertise required for the mapping of the conductivity of near-surface materials. The conductivity of such materials is largely a function of the ionic content of the surface waters and the ionic content and amount of the groundwaters in these areas. Thus, the conductivity of standing water reflects its acidity and/or degree of pollution, and mapping the conductivity of near-surface sediments reflects the amount, salinity and/or degree of pollution of the groundwater therein.

Conductivity mapping of large areas may be readily carried out by means of commercially available airborne electromagnetic survey systems (fixed-wing and helicopter), in which ample expertise resides in the Electrical Methods Section. More detailed conductivity mapping, using standard and newly developed ground electromagnetic methodology, would yield information of a scale appropriate to such problems as toxic waste dumps.

The shallow seismic and ground probing radar expertise in the Terrain Sciences Division of the LCSD could also contribute to the solution of problems relating to waste disposal effects and groundwater distribution.

This Committee suggests that a proper role for the GSC in the solution of these problems is to launch multidisciplinary programs, including geologic, geochemical and geophysical components, with the object of developing the appropriate methodology for the investigation of these problems.

There should be no need to develop new instrumentation for any of these programs, as adequate instrumentation (airborne or ground) already exists within either the GSC or the private sector in Canada. It may be necessary, however, to develop improved methods of data processing and interpretation.

In order to be incorporated into a remedial action or monitoring plan regarding a pollution site, geophysical methods must be able to produce a representative image of the subsurface target zone in relation to non-contaminated areas. Because the objective often involves complex overburden stratigraphy for which physical properties

are often unknown, it is recommended that drilling, logging and in situ measurement together with surface surveying be integrated and case histories prepared and published.

Some experimental techniques, for example, using airborne lasers, may also be appropriate for determination of additional information relating to the surface water quality, for example, their organic content. The organic content of lakes is a direct reflection of their ability to support aquatic life.

The emphasis for groundwater activities should be placed on method development and it is strongly recommended that this activity be jointly involved with the Provincial geological surveys. A multidisciplinary team of specialists should be organized for this activity as well.

This Committee is not aware of the extent to which the GSC is free to undertake programs relating to such environmental problems without infringing on the territory of the federal Ministry of the Environment and provincial ministries. It is clear, however, that geophysical expertise appropriate to such problems does reside in the GSC and should be brought to bear thereon.

It is also significant that the very geophysical groups within the GSC who would be most appropriate to be employed on these programs are currently being under-utilized due to lack of suitable multidisciplinary programs (see Section 3.7.4).

Various geological studies could also be undertaken. Many Mesozoic age formations underlying the Canadian prairie provinces have very low salinity formation waters. Excellent sandstone reservoirs are present and there is a continual recharge of these waters due to a west to east hydrodynamic gradient. If these waters are of sufficiently low salinity and are producible in adequate volumes from shallow depths, a potential renewable source of irrigation water could be available for exploitation. The data and the scientific skills are presently available within the GSC to readily evaluate the feasibility of this proposal.

Recommendation

The GSC should evaluate the application of its present geophysical resources to the problems posed by "Global Change".

7.4 REMOTE SENSING

Issue

Remote sensing expertise is located in another Sector of EMR and these techniques do not appear to be much used by the GSC.

Background

Remote sensing techniques were not mentioned by any scientists interviewed. Given the difficulties in promoting multidisciplinary projects when all the scientists are

working for the GSC, it appears likely that little, if any use, is made of these techniques to assist in geologic mapping.

> "Research on the use of remote sensing in mineral exploration now includes joint projects with industry. Landsat images are providing promising results in identifying bedrock lineaments related to mineralized zones in northern Saskatchewan. The possibility of using Landsat data to monitor vegetation stress related to debris from ultramafic rocks is being studied in the asbestos belt in the Thetford Mines area of Quebec. Image processing and analysis methods were used to integrate Landsat data, digitized geological information, catchment basin geochemistry and other parameters to predict tungsten skarn mineralization associated with buried intrusions in the Nahanni area of the Yukon." [GSC 1986-1987 Annual Report]

Future plans may or may not make mention of remote sensed data. The proposed 1:250 000 geological remapping project in the NWT for mineral exploration makes no mention of these techniques. It is noted, however, that the minerals resources planning group has stated:

> "Data integration and image analysis (including more widespread integration of **satellite** sensed data) is seen as providing an important **future** direction in the derivation of more sophisticated exploration and regional mapping methods." (Internal GSC report)

Recommendation

In order to more fully utilize remote sensing techniques in GSC mapping projects, a formal liaison committee should be established, through the office of the Chief Scientist, with the Remote Sensing Branch to review geological mapping projects to see where these techniques could be of value.

7.5 BASE METALS EMPHASIS

The depletion of Canada's known reserves of most base metals over the past decade has been highlighted by numerous sources. For example, EM&R's Annual Science and Technology Plan Update, May 17, 1988, takes note (page 15) that "the discovery of base metal deposits in Canada has recently fallen to a point where projected demand may exceed supply in 3-5 years".

The course of this run down of reserves is easy to see. The very low metal prices which have prevailed from 1982 to 1987, provided neither the incentive nor the funds for base metal exploration in Canada during that period.

Another casualty of the lack of interest in base metal exploration during this period has been the science of mineral exploration. At the very time when existing means of exploration for base metals had been rather exhaustively applied to the more accessible and more geologically promising areas of Canada, we ceased to develop new means for this purpose.

A prime example of a successful means for base metal exploration which was quite mature in its development and application by 1982, is the airborne electromagnetic method. This method discovered its first mine (Heathe Steele, New Brunswick) in 1953, and has been extensively applied across Canada ever since, resulting in the discovery of many important polymetallic deposits (for example, Mattagami, Poirier, Kidd Creek, Thompson) and even entire new mining camps.

Whereas base metal discoveries will continue to be made with the primary guidance of airborne electromagnetics, it is not very likely that any more "elephants" of the scale of the Kidd Creek or Mattagami Mines will be found in reasonably accessible parts of Canada. Clearly we need new tools and technology as we renew the search for base metal deposits in Canada, or else the law of diminishing returns will set in and the search will not be cost effective. Mining geophysical technology would provide an important ingredient in this new GSC initiative, as the search for new base metal deposits will require the ability to find these at ever greater depth.

Recommendations

This Committee, therefore, strongly supports the initiative recently taken by the GSC, to devote 10% of the annual budget of the Mineral Resources Division to the advancement of the science of mineral exploration. The studies undertaken must be multidisciplinary (geology, geophysics and geochemistry) to be truly effective. In addition, they should be done in consort with the private sector, who can provide test sites, detailed geological information (in 3 dimensions) and with universities, who can be responsible for ancillary laboratory studies.

Some aspects of mineral exploration research in which the GSC should participate include:

- Multidisciplinary studies of known deposits to establish their parameters and typical signatures, using current methodology and instrumentation.

- Development of methods of data processing and presentation which may utilize the totality of the multidisciplinary data, to enhance the effectiveness of the whole (that is, cross- correlation type approach).

- In consort with the private sector and university, the development of new techniques of mineral exploration and their testing on suitable sites with known geology.

- The integration into the exploration environment of the regional tectonic framework in which mineral deposits formed.

7.6 ROCK PROPERTIES LAB

High quality seismic reflection, seismic refraction, gravity, magnetic and radiometric data are routinely being acquired by GSC scientists, both within the organization and in collaboration with others. Thorough analysis and interpretation of such data is aided substantially when the physical properties of rocks at or near the surface are

known. Such properties include density, magnetic susceptibility, remnant magnetization, seismic velocities for shear and compressional waves, electrical conductivity, radioactive heat production, porosity and anisotropy (the variation of properties with direction of measurement). Many of these must be available for conditions (pressure, temperature, wet, dry, saturated, unsaturated) appropriate to the depths of investigation.

Within Canada, there are only limited facilities for carrying out some of the needed measurements. There is no centralized location at which such information is archived. Yet such information is almost as important for the geophysicist as rock samples are for the geologist. The GSC is the logical national institution with the mandate, the continuity and the resources(?) to establish and maintain a physical properties laboratory and data base.

The Committee is aware of three GSC laboratories which measure physical rock properties. These include two paleomagnetic laboratories (see Section 3.5), one at the PGC and one in Ottawa under the Paleomagnetic Section of the LCSD. The third laboratory is under the Electrical Methods Section of the Exploration Geophysics Sub-division of the MRD (see Section 3.7.4).

In the recommendations under the latter section, it was suggested that the two rock properties laboratories in Ottawa could well be combined into a more general rock properties laboratory. This laboratory could provide the full range of physical properties listed above, for use by both GSC and outside scientists.

Recommendations

The GSC should establish a national data base for rock properties oriented toward the national needs of all scientists (much like the gravity and magnetic mapping programs) and specifically toward the needs of GSC's multidisciplinary programs.

In line with other Committee recommendations (e.g., Section 3.7.4 and 3.7.6), underutilized resources within the Electrical Methods Section and Borehole Geophysics Section of the Exploration Geophysics Subdivision of MRD could be assigned to this task. Initially, it could act as an archiving/information centre for all of Canada; as it matured, facilities for the needed measurements could be improved or added.

The rock properties laboratory could logically be combined with the Ottawa Paleomagnetic Section in LCSD.

The GSC should inform the Canadian geoscience community of this redirected task, set standards for measurement information and request existing data bases to start the program.

8.0 STANDING EXTERNAL ADVISORY COMMITTEE FOR GEOPHYSICS

The Committee recommends that a Standing External Advisory Committee to the GSC for Geophysics be established.

It should, for maximum effect, consist of two members from each of the university community, the petroleum industry, the mining industry and the provincial surveys in Canada. There should be a good geographic distribution and a francophone representation.

Some members could be nominated by appropriate professional societies (e.g., CSEG and KEGS, for the petroleum and mining representation). There should be a rotating two or three year tenure for each member, staggered, so that one-half or one-third are rotated each year.

There should be a sunset clause for the Standing Committee, so that it would automatically terminate, at a certain time, unless it appeared to be serving a useful purpose.

The primary function of this committee would be to evaluate and comment on the effectiveness, relevance and technical viability of geophysics in the GSC. It could foster support and provide guidance for geophysical projects and improve communication between the GSC and its clients in Canada. Information on technical innovations developed outside of the GSC could be supplied as well as suggestions for future projects. This committee should become familiar with the present report and monitor the implementation of its recommendations.

The Committee should meet at least once per year, preferably during the project planning cycle, to review recent accomplishments and future project plans.

REFERENCES

Church, M., 1987. Mapping the Landscape; Report of the Canadian Geoscience Council Advisory Committee to the Geological Survey of Canada on outputs in Quaternary and Engineering Geology; Geological Survey of Canada Paper 87-24.

Department of Science and Technology, 1987. A Decision Framework for Science and Technology.

Devenny, D. W. and Jardine, D., 1986. An Overview of Geoscience R&D in the Canadian Petroleum Industry; A study conducted on behalf of the Canadian Geoscience Council, the Geological Survey of Canada and the Canadian Petroleum Association.

Dragert, H. and Rogers, G. C., 1988. Could a megathrust earthquake strike southwestern British Columbia? Geos, 17, no. 3, 5-8.

Garland, G. D., 1986. Lithoprobe, the Third Dimension, Phase II Proposal; submitted to the Natural Science and Engineering Research Council and the Department of Energy, Mines and Resources.

Garland, G. D., 1987. Report of the Review Committee on the Earth Physics Branch; Geological Survey of Canada Paper 87-24.

Geological Survey of Canada, 1986. The Geological Survey of Canada, Past and Present; Geological Survey of Canada Miscellaneous Report 45.

Ghent, E. D., 1988. Report for 1987-88 on enrolment and graduation in Canadian earth science departments. Unpublished report dated June 17 submitted to the Council of Chairmen of Canadian Earth Science Departments, 14 pp.

Naldrett, A. J., 1985. The Geosciences in Canada, 1985, Part 2: Report of the Canadian Geoscience Council Advisory Committee on Mineral Deposits Research at the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada Paper 85-6, Part 2.

Sharpton, V. L., Grieve, R.A.F., Thomas, M. D., and Halpenny, J. F., 1987. Horizontal gravity gradient: an aid to the definition of crustal structure in North America. Geophysical Research Letters, 14, 808-811.

Slind, O. L., 1988. Evaluation of the Geological Survey of Canada's Frontier Geoscience Program; Program Evaluation Group, Energy Mines and Resources Report No. PE 131/1988.

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

DOSSIER PUBLIC 2366

Rapport du Comité consultatif externe de la géophysique auprès de la Commission géologique du Canada

H.O. Seigel

1991

Énergie, Mines et Ressources Canada

Energy, Mines and Resources Canada

Canada

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

DOSSIER PUBLIC 2366

Rapport du Comité consultatif externe de la géophysique auprès de la Commission géologique du Canada

Président,
H.O. Seigel

juillet 1989

INDEX

		Page
1.0	Résumé	1
1.1	Introduction	15
1.2	Le Comité	16
1.3	Mandat du Comité	17
1.4	Fonctionnement du Comité	18
1.5	Résumé de l'activité du Comité	19
1.6	Une cible mobile	20
1.7	Remerciements	20
2.0	Organisation et activité en géophysique à la CGC, autour de 1988	20
2.1	La géophysique à la CGC	21
2.2	Le rôle de la recherche en géophysique à la CGC	24
2.3	Dosage de l'activité géophysique en fonction de la mission de la CGC	27
3.0	Questions relatives aux disciplines de la géophysique	29
3.1	Sismologie des tremblements de terre	29
3.2	Géodynamique	32
3.3	Sismologie de la croûte et géophysique électromagnétique	35
3.4	Gravité	36
3.5	Paléomagnétisme	38
3.6	Géomagnétisme	39
3.7	Géophysique appliquée	42
3.7.1	Le Skyvan	42
3.7.2	Section de la géophysique des terrains	43
3.7.3	Groupe radar	45
3.7.4	Section des méthodes électriques	46
3.7.5	Section du développement des instruments	47
3.8	Sections des instruments, Division de la géophysique	48
3.9	Géothermie	49
3.10	Modèles tectoniques	50
4.0	Questions liées à l'organisation	51
4.1	Organisation structurée par missions ou par disciplines	51
4.2	La géophysique dans quatre (sous)-divisions	55
4.2.1	Institut de géologie sédimentaire et pétrolière	55
4.2.2	Sous-division de la Cordillère (Division de la géologie de la Cordillère et du Pacifique à Vancouver)	57
4.2.3	Centre géoscientifique du Pacifique	58
4.2.4	Centre géoscientifique de Québec	60
4.3	Aéromagnétisme	61
4.4	Équipements géophysiques à utilisateurs multiples	63
5.0	Problèmes de gestion	64
5.1	Gestion des projets majeurs	65

		Page
5.2	Budgets des ressources financières et humaines	67
5.3	Utilisation efficace des ressources	68
5.4	Embauche du personnel	69
5.5	Examen du rendement et avancement	71
5.6	Formation en gestion	72
5.7	Moral des géophysiciens	73
5.8	Pénurie de personnel de soutien	75
6.0	Problèmes liés au produit	75
6.1	Publication des données	75
6.2	Atlas des bassins	77
6.3	Archivage des données numériques	79
6.4	Normes relatives aux données numériques	79
6.5	Bases de données nationales	81
6.6	Transmission rapide des données	83
6.7	Équipement informatique à haute capacité	83
7.0	Orientations nouvelles et changements de priorité	84
7.1	Programme canadien des forages continentaux	84
7.2	Risque de mégaséismes de subduction	85
7.3	Changement global	86
7.4	Télédétection	89
7.5	Priorisation des métaux communs	90
7.6	Laboratoire des propriétés physiques des roches	91
8.0	Comité consultatif externe permanent de la géophysique auprès de la Commission géologique du Canada	92
	Bibliographie	94

RAPPORT DU COMITÉ CONSULTATIF EXTERNE DE LA GÉOPHYSIQUE AUPRES DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

1.0 RÉSUMÉ

La fusion de la Commission géologique du Canada, de la Direction de la physique du Globe et du Secteur des sciences de la terre, du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources en avril 1986, la répartition du nouvel organisme en quatre directions et la réorientation des activités ont justifié la création d'un comité mandaté pour examiner la situation actuelle de la géophysique au ministère.

Le rapport présente les aspects généraux de la géophysique au sein de la CGC, étudie les questions relatives à cette discipline scientifique et celles qui touchent à l'organisation, à la gestion et aux résultats obtenus, et propose pour l'avenir de nouvelles initiatives ou suggère l'expansion qu'il conviendrait de donner aux initiatives actuelles. On présente un résumé des principaux constats sous forme de recommandations principales et secondaires.

Les versions abrégées des recommandations, dans ce résumé, portent les numéros des sections correspondantes du rapport. Le texte complet des recommandations et les arguments à l'appui se trouvent dans le rapport lui-même.

LE ROLE DE LA RECHERCHE EN GÉOPHYSIQUE A LA CGC (2.2)

Recommandation principale

La CGC doit poursuivre les travaux de recherche en géophysique qui ont un rapport direct avec sa mission. Chaque fois que cela est possible, ces travaux doivent compléter ceux des secteurs privé et universitaire. Il faut encourager la collaboration dans la recherche.

Recommandations secondaires

1. De façon générale, la CGC doit entreprendre des projets de R et D en géophysique qui se rattachent au développement de nouvelles technologies (méthodologies), de nouvelles méthodes de traitement, d'interprétation et de présentation des données; il doit aussi exécuter des levés expérimentaux qui ont pour but de faire l'essai de nouveaux instruments ou de nouvelles technologies dans des conditions géologiques connues au Canada.

2. La CGC doit travailler avec des partenaires du secteur privé à la mise au point d'instruments de géophysique d'intérêt commun, en agissant comme catalyseur du financement provenant de diverses sources gouvernementales. La CGC ne doit s'engager unilatéralement dans la mise au point d'instruments que si cela est nécessaire pour appuyer ses principaux programmes de recherche, et alors seulement si la capacité appropriée n'existe pas au sein de l'industrie.

DOSAGE DE L'ACTIVITÉ GÉOPHYSIQUE EN FONCTION DE LA MISSION DE LA CGC (2.3)

Recommandation principale

La CGC doit évaluer et, au besoin, réorienter ses activités pour qu'il y ait équilibre dans les priorités accordées aux divers domaines des sciences de la terre qui offrent un appui aux différentes industries fondées sur les ressources.

Recommandations secondaires

1. Sauf dans les cas d'ententes spéciales avec d'autres organismes, les projets de cartographie ne doivent pas être exécutés à une telle échelle que le produit puisse être directement et immédiatement utilisé dans l'exploitation des ressources.

2. La CGC doit émettre une série de directives concernant les échelles auxquelles doit être produite la cartographie géophysique destinée aux levés réguliers. Elle élaborera également des directives sur les projets de cartographie détaillée, qui détermineront notamment les échelles appropriées et les critères à respecter pour justifier ces projets.

SISMOLOGIE DES TREMBLEMENTS DE TERRE (3.1)

Recommandation principale

Les Réseaux sismographiques nationaux doivent poursuivre leurs observations en permanence, 24 heures par jour et 365 jours par année. Ce programme national doit aussi être exempté de la mesure de réserve de 10 % recommandée par le Comité (voir la section 5.2).

Recommandations secondaires

1. Le Comité recommande que les Réseaux sismographiques nationaux reçoivent les ressources nécessaires qui leur permettent de poursuivre et de bonifier leurs plans d'informatisation des réseaux.

2. La répartition des ressources consacrées aux recherches sismologiques et aux observations entre la DG et le CGP n'est pas proportionnée aux dangers et aux risques relatifs; il faut corriger la situation. Le Comité recommande une réaffectation de ressources humaines et financières en sismologie.

3. On a proposé le projet de «Mégaséismes de la côte ouest»; il s'agit d'un effort majeur de recherche sur la possibilité que se produisent des séismes dus à la subduction et de magnitude supérieure à 8. Le Comité approuve entièrement cette initiative et le besoin de nouvelles ressources qui en découle.

4. Le Comité recommande que la CGC s'attaque au problème d'une expertise canadienne permanente en sismologie des tremblements de terre, en se donnant les moyens d'encourager les diplômés du premier cycle et en appuyant la recherche universitaire.

GÉODYNAMIQUE

Recommandation principale

Renforcer le programme de géodynamique de l'ouest canadien en mutant des spécialistes de l'est du Canada au CGP et en recrutant, chaque fois que c'est possible, de jeunes scientifiques.

Recommandations secondaires

1. Accroître les efforts consentis en faveur des programmes locaux de géodynamique, par transfert d'une partie des ressources du programme global.

2. Continuer à coordonner avec les Levés géodésiques du Canada et accroître les activités concernant les mesures des déformations de la croûte, en particulier sur la côte ouest mais aussi dans les zones à forte sismicité de l'est du pays.

3. Poursuivre les efforts de la DG dans le domaine des systèmes d'interférométrie à très longue base (ITLB) et les recherches qu'elle effectue en collaboration avec deux universités et les Levés géodésiques; centrer sur l'ITGB les principaux efforts globaux en géodynamique.

4. Se retirer progressivement des travaux en géodynamique optique (à l'exception peut-être des travaux de nivellement appliqués à l'étude de la détente post-glaciaire).

GRAVITÉ (3.4)

Recommandation principale

Poursuivre le programme national de gravimétrie régionale, en maintenant les ressources au moins à leur niveau actuel, jusqu'à ce que soit complétée la Carte des anomalies gravimétriques du Canada.

Recommandations secondaires

1. Tous les postes budgétaires associés à ces levés régionaux doivent être regroupés au sein de la DG afin d'assurer une utilisation efficace et efficiente des ressources.

2. Le programme de gravimétrie absolue doit être maintenu pour assurer l'existence du réseau gravimétrique national; le besoin se fait sentir cependant

d'une meilleure intégration avec les études axées sur des problèmes comme la déformation géodynamique de la croûte.

3. Les membres de la Section des applications doivent continuer à demander qu'on leur soumette plus de problèmes d'ordre scientifique et qu'on leur permette d'agir comme collaborateurs de scientifiques oeuvrant dans d'autres divisions qui pourraient profiter de leur expertise.

4. Il faut améliorer l'accès à distance aux installations informatiques du centre de données de la DG, afin d'obtenir une utilisation efficace en régions éloignées.

PALÉOMAGNÉTISME (3.5)

Recommandation principale

Il faut conserver les deux laboratoires de paléomagnétisme qui sont situés l'un à la DLBC et l'autre au CGP. Cependant les deux laboratoires séparés qui se trouvent à la DLBC doivent être réunis et localisés sur la rue Booth où se trouvent des possibilités d'interactions privilégiées avec les géologues.

Recommandations secondaires

1. Il faut donner de l'expansion à l'équipe du CGP. Le Comité recommande que deux postes vacants en paléomagnétisme et un poste de soutien technique à Ottawa soient transférés au CGP.

2. Les progrès réalisés dans l'automatisation des mesures en paléomagnétisme au CGP doivent être implantés au laboratoire de la DLBC afin d'accroître l'efficience des travaux qui y sont effectués.

3. Le Comité recommande que, si on établit un laboratoire général d'étude des propriétés des roches, l'équipe de paléomagnétisme d'Ottawa en fasse partie.

4. La CGC doit s'attaquer au problème du recrutement en paléomagnétisme en se donnant les moyens d'encourager les diplômés du premier cycle et, chaque fois que c'est possible, en appuyant la recherche universitaire qui emploie des étudiants.

LE SKYVAN (3.7.1)

Recommandation principale

Il faut conserver l'avion Skyvan et continuer à l'utiliser comme plate-forme comme on le fait actuellement.

Recommandations secondaires

1. Sa panoplie d'instruments de géophysique doit être augmentée de façon à comprendre un gradiomètre magnétique vertical et peut-être un gravimètre aéroporté.

2. Ne pas utiliser le Skyvan pour des levés systématiques de grandes régions; confier ces tâches au secteur privé.

3. S'assurer que le Skyvan peut être rapidement mobilisé dans des situations d'urgence, comme dans le cas d'un incident nucléaire où il faudrait cartographier la contamination radioactive; il conviendrait de procéder à un «exercice» annuel sans avertissement.

SECTION DE LA GÉOPHYSIQUE DES TERRAINS (3.7.2)

Recommandation

La Section de la géophysique des terrains doit être déménagée à la Sous-division de la géophysique d'exploration de la DRM pour qu'elle soit associée de près à la Section des méthodes électriques en ce qui concerne la solution de problèmes qui regardent la mise en valeur des ressources naturelles.

GROUPE RADAR (3.7.3)

Recommandation principale

Le Groupe radar doit être transféré à la Sous-division de la géophysique d'exploration de la Division des ressources minérales, où il sera réuni au Groupe de la sismicité de faible profondeur de la Section de la géophysique des terrains.

Recommandation secondaire

Les ressources techniques combinées de la Section de la géophysique des terrains et du Groupe radar doivent servir à la réalisation de programmes multidisciplinaires qui se rattachent au mandat de la CGC.

SECTION DES MÉTHODES ÉLECTRIQUES (3.7.4)

Recommandation principale

Si on demande à la CGC de s'occuper de problèmes de «géosphère» associés au changement global (problèmes relatifs à la nappe aquifère et à l'élimination des déchets toxiques), l'expertise réunie dans cette section pourra servir à l'étude et à la solution de ces problèmes.

Recommandation secondaire

Si cela ne se produit pas, les ressources budgétaires et les a.-p. seront transférées à la DLBC. Les spécialistes des méthodes électriques seront intégrés à la Section du champ potentiel; le personnel du laboratoire des propriétés des roches sera réuni à celui de la Section du paléomagnétisme pour former le noyau du Laboratoire national des propriétés des roches.

SECTION DU DÉVELOPPEMENT DES INSTRUMENTS, DRM (3.7.5)

Recommandations principales

1. Mettre fin le plus tôt possible aux programmes courants de mise au point d'instruments.

2. Les capacités de cette section en matière d'instruments doivent servir à l'entretien et à l'amélioration de l'équipement aéroporté du Skyvan et à l'entretien de l'équipement au sol de la Sous-division de la géophysique d'exploration.

Recommandations secondaires

1. Cette section doit établir et entretenir des liens plus étroits avec l'industrie canadienne en ce qui concerne le développement d'instruments scientifiques, et avec les universités pour ce qui est de la recherche de base. Elle pourrait servir de catalyseur dans la recherche du financement provenant d'autres organismes gouvernementaux à l'appui de la recherche dans l'industrie, par exemple par l'entremise du PARI.

2. Cette section doit collaborer avec l'industrie dans la mise à l'essai de nouveaux instruments de géophysique afin de déterminer leur efficacité dans des régions dont la géologie est connue.

QUESTIONS LIÉES A L'ORGANISATION (4.0)

ORGANISATION STRUCTURÉE PAR MISSIONS OU PAR DISCIPLINE (4.2)

Recommandation principale

Pour que la CGC puisse maintenir des compétences techniques dans plusieurs disciplines géophysiques, le Comité recommande que soit créée une organisation de base de style matriciel, par l'addition d'un réseau de services structuré par disciplines.

Recommandations secondaires

1. Une des clés du maintien des compétences techniques est le rétablissement du poste et du titre de géophysicien en chef.

2. Le géophysicien en chef devrait être secondé par des conseillers désignés dans chaque grand secteur technique pour contrôler la qualité des travaux scientifiques exécutés dans leur spécialité.

LA GÉOPHYSIQUE DANS QUATRE (SOUS-) DIVISIONS (4.2)

INSTITUT DE GÉOLOGIE SÉDIMENTAIRE ET PÉTROLIERE (4.2.1)

Recommandation

Accroître le personnel de géophysique à l'IGSP et le porter à un niveau mieux proportionné aux besoins de ses programmes scientifiques.

DIVISION DE LA GÉOLOGIE DE LA CORDILLERE ET DU PACIFIQUE - VANCOUVER (4.2.2)

Recommandation

En conformité des objectifs avoués de la CGC concernant les études multidisciplinaires et les programmes scientifiques de la Sous-division de la Cordillère, le Comité recommande que le personnel géophysicien soit accru à un niveau proportionné aux besoins du groupe.

DIVISION DE LA GÉOLOGIE DE LA CORDILLERE ET DU PACIFIQUE - CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DU PACIFIQUE (4.2.3)

Recommandation principale

Élever le CGP au rang de Division, avec son propre directeur.

Recommandations secondaires

1. Des ressources en provenance d'autres divisions doivent être attribuées au CGP afin de rehausser son rôle scientifique.

2. Encourager une collaboration plus étroite dans tous les domaines (aspects techniques, équipement, programmes scientifiques et personnel) entre le CGA et le CGP.

CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE QUÉBEC (4.2.4)

Recommandation

Le rapport du nombre de géologues au nombre de géophysiciens au CGQ doit être semblable à celui que l'on retrouve dans l'ensemble de la CGC.

AÉROMAGNÉTISME (4.3)

Recommandation principale

Maintenir au sein de la Division de la géophysique la responsabilité de l'affermage des levés aéromagnétiques, ainsi que la responsabilité du traitement et de présentation des données qui en sont issues.

Recommandations secondaires

1. Prendre des mesures vigoureuses pour promouvoir une bonne communication technique entre les membres du personnel qui s'occupent d'analyses magnétiques et d'interprétation et leurs homologues dans d'autres divisions qui s'occupent aussi d'analyses magnétiques et d'interprétation.

2. Les budgets prévus pour terminer la couverture aéromagnétique régionale du Canada doivent être administrés par la Division de la géophysique.

ÉQUIPEMENTS GÉOPHYSIQUES A UTILISATEURS MULTIPLES (4.4)

Recommandation

Le Géophysicien en chef après consultation de tous les géophysiciens intéressés, devrait approuver l'achat de tous les épuipements géophysiques majeurs et, chaque année, établir un calendrier d'utilisation.

PROBLEMES DE GESTION (5.0)

GESTION DES PROJETS MAJEURS (5.1)

Recommandations principales

1. Une structure officielle de gestion de projet doit être établie et appliquée systématiquement à la CGC. Pour chaque projet, il faut clairement établir des objectifs, fixer un échéancier et poser des repères qui permettent de mesurer les progrès accomplis.

2. Pour les projets multidisciplinaires, il faut désigner un gestionnaire responsable de l'ensemble du projet et établir clairement la hiérarchie et la responsabilité.

Recommandations secondaires

1. Le chef de projet doit jouir d'un pouvoir de surveillance défini. Il doit préparer un plan d'ensemble et, si nécessaire, un plan annuel pour approbation par la gestion du CGC.

2. Les ressources requises doivent être fournies par les divisions participantes et les directeurs doivent aider le chef de projet en s'assurant que le personnel et l'équipement désignés sont disponibles en temps opportun et que l'analyse des données, l'interprétation et le rapport final se font dans les délais prévus. Le personnel désigné doit relever du chef de projet pour la partie de ses activités qu'il consacre au projet.

3. Les directeurs généraux devraient se faire un devoir de faire le point régulièrement sur l'avancement de chaque projet, pour s'assurer que les buts fixés sont effectivement atteints.

BUDGETS DES RESSOURCES HUMAINES ET FINANCIERES (5.2)

Recommandation

A l'exception de certains programmes nationaux, comme les réseaux sismographiques et d'observatoires géomagnétiques ou comme les programmes nationaux de cartographie aéromagnétique et gravimétrique, chaque année 10 % du budget des ressources humaines et financières de chaque division devrait être «réservé» pour éventuellement être réaffecté à d'autres projets ou divisions.

UTILISATION EFFICACE DES RESSOURCES (5.3)

Recommandation principale

Établir une politique d'utilisation maximale des ressources humaines et matérielles au sein de la CGC, en favorisant la mobilité de ces ressources pour l'exécution d'un projet ou selon les besoins.

Recommandations secondaires

1. Chaque DG, directeur et chef de sous-division doit être encouragé à emprunter ou à prêter du personnel et de l'équipement, de façon à en faire un meilleur usage à la CGC, pour éviter le dédoublement des ressources rares et spécialisées et pour améliorer la communication, l'esprit d'équipe et les normes techniques.

2. Dans le cadre des activités de communication technique générale, le géophysicien en chef devrait dresser une liste détaillée des ressources humaines (avec leurs domaines de compétence) et des ressources matérielles en géophysique, et la diffuser à tous les employés de la CGC.

EMBAUCHE DU PERSONNEL (5.4)

Recommandation principale

La CGC devrait devenir plus proactive dans le développement des compétences canadiennes au niveau du doctorat, en particulier dans les disciplines où il manque de candidats qualifiés. Cela pourrait se faire par la mise en oeuvre d'un programme d'aide tel que le programme de bourses de doctorat dans les universités canadiennes, dans lequel des bourses sont accordées à des étudiants inscrits au doctorat (choisis par voie de concours) pour les encourager à étudier dans des domaines critiques de la recherche et leur assurer un poste après l'obtention de leur diplôme (en attendant que leurs résultats aient été évalués par des pairs).

Recommandations secondaires

1. La CGC devrait étendre ses programmes de subventions de recherche en géophysique, en attachant une importance particulière aux domaines où il perçoit un réel besoin; l'existence de ces subventions devrait être plus largement connue, de façon à ce que les étudiants sachent que la CGC supporte la recherche.

2. La CGC devrait au moins maintenir, et si possible améliorer, son programme de bourses post-doctorat «Bourses de séjour dans les laboratoires du gouvernement».

3. Les géophysiciens de la CGC qui ont un talent d'orateur et s'intéressent à des sujets excitants devraient régulièrement donner des conférences dans les départements universitaires des sciences de la terre, en particulier devant des groupes d'étudiants du premier cycle, afin de faire valoir les défis et les possibilités qui s'offrent à la CGC, et aussi de prononcer des conférences davantage axées sur la recherche devant des classes d'étudiants avancées et les membres des facultés, comme cela se fait fréquemment.

4. La CGC devrait maintenir et renforcer sa présence dans les conférences internationales, par des présentations appropriées, afin que les jeunes scientifiques étrangers demeurent au courant de la qualité de la recherche qui se fait en géophysique et des possibilités d'emploi offertes par la CGC.

EXAMEN DU RENDEMENT ET AVANCEMENT (5.5)

Recommandation principale

Le géophysicien en chef devrait participer à l'examen de rendement de tout le personnel des géophysiciens.

Recommandation secondaire

La CGC devrait revoir ses critères d'avancement actuels pour s'assurer qu'ils tiennent compte suffisamment de toutes les facettes de l'activité professionnelle, y compris celles qui normalement ne débouchent pas sur des publications.

FORMATION EN GESTION (5.6)

Recommandation principale

La CGC devrait mettre sur pied un plan complet de formation et de remplacement à l'intention des superviseurs de tous les niveaux.

Recommandations secondaires

1. Il faudrait augmenter l'attrait des fonctions de supervision, en améliorant la communication avec les superviseurs, en déléguant davantage, en donnant des marques de confiance, etc.

2. Une formation en gestion de projets, en théorie de la gestion, en relations humaines et dans d'autres domaines liés à la supervision devrait être dispensée à tous les scientifiques qui remplissent des fonctions de chef ou superviseur de projet.

PÉNURIE DE PERSONNEL DE SOUTIEN (5.8)

Recommandation

Déterminer le pourcentage de temps que chaque chercheur scientifique passe à des activités de soutien, établir des ratios convenables entre le nombre de chercheurs scientifiques et le nombre d'employés de soutien pour chaque groupe de scientifiques, et modifier la politique d'embauche actuelle de façon à atteindre ces ratios.

PROBLEMES LIÉS AU PRODUIT (6.0)

PUBLICATION DES DONNÉES (6.1)

Recommandation

La CGC devrait veiller à appliquer les normes de qualité les plus élevées possibles à toutes les données publiées, et non pas seulement aux rapports écrits et aux cartes, en adoptant des procédures de contrôle interne qui devraient permettre une évaluation critique et la formulation de suggestions constructives pour l'amélioration des produits.

ATLAS DES BASSINS (6.2)

Recommandation principale

L'atlas de bassin est une forme de publication fortement recommandée à la CGC.

Recommandations secondaires

1. Chaque division devrait revoir sa base de données actuelle en vue de publier une série d'atlas au cours de la prochaine décennie.

2. Pour accélérer le processus de publication (à moins d'une contre-indication de la politique officielle du gouvernement), ces atlas devraient être publiés dans l'une ou l'autre des langues officielles pendant que s'effectue leur traduction dans l'autre langue officielle.

ARCHIVAGE DES DONNÉES NUMÉRIQUES (6.3)

Recommandation

Le géophysicien en chef devrait revoir les procédures actuelles et, en collaboration avec les divisions, établir toute une procédure de catalogage et désigner des lieux propices à l'archivage des données.

NORMES RELATIVES AUX DONNÉES NUMÉRIQUES (6.4)

Recommandation principale

La CGC devrait établir et maintenir des normes relatives à l'acquisition des équipements et logiciels d'ordinateur, à la mise au point des logiciels et à l'utilisation des bases de données numériques. Elle devrait former, aux fins de l'établissement de ces normes, un comité où siégeraient des représentants de chaque division ainsi que le géophysicien en chef.

Recommandation secondaire

Une fois des normes établies, ce comité devrait examiner tous les projets d'achat, de développement ou de production dans le domaine de l'information numérique, afin de s'assurer que les normes sont respectées.

BASES DE DONNÉES NATIONALES (6.5)

Recommandation

Le groupe représentant la CGC et des experts de l'extérieur doivent continuer à revoir de façon périodique les spécifications relatives à l'acquisition et à la distribution des données tirées des bases nationales de données géophysiques, afin de s'assurer qu'elles répondent aux besoins des utilisateurs.

TRANSMISSION RAPIDE DES DONNÉES (6.6)

Recommandation

La CGC devrait analyser ses besoins en transmission de données et, si cette solution s'avère rentable, se doter d'un réseau de transmission de données à haute capacité qui répondrait aux besoins de ses géoscientifiques.

ÉQUIPEMENT INFORMATIQUE A HAUTE CAPACITÉ (6.7)

Recommandation principale

Le comité de normalisation des données numériques devrait également analyser les besoins informatiques de la CGC et établir un plan permettant de fournir, de manière rentable, l'équipement informatique dont ont besoin les géophysiciens de la CGC.

Recommandations secondaires

1. L'utilisation de l'ordinateur Convex que possède déjà la CGC devrait être considérée pour les études en géodynamique, en modélisation gravimétrique et magnétique, etc.

2. Il est proposé que l'Installation de traitement des données sismiques de Lithoprobe soit utilisé, du moins de façon provisoire, pour le traitement des données sismiques.

ORIENTATIONS NOUVELLES ET CHANGEMENTS DE PRIORITÉ (7.0)

PROGRAMME DES FORAGES CONTINENTAUX (7.1)

Recommandation

D'importants travaux géophysiques de surface doivent être entrepris dans toute région où l'on prévoit d'effectuer des forages. Après le forage, il faut procéder à des mesures avec tous les outils de diagraphie fond-de-trou disponibles, et obtenir des profils sismiques verticaux.

MÉGASÉISME DE SUBDUCTION (7.2)

Recommandation

Le Comité appuie vivement le projet d'évaluation des risques de mégaséismes dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique.

CHANGEMENT GLOBAL (7.3)

Recommandation

La CGC devrait envisager de mettre à contribution ses ressources géophysiques actuelles dans l'étude des problèmes posés par le «changement global».

TÉLÉDÉTECTION (7.4)

Recommandation

Afin d'utiliser davantage les techniques de télédétection dans les projets de cartographie de la CGC, il conviendrait de mettre sur pied, par l'intermédiaire du bureau du géophysicien en chef, un comité officiel de liaison qui réunirait des représentants de la CGC et de la Direction de la télédétection et qui aurait pour tâche d'examiner les projets de cartographie géologique pour voir les possibilités d'utilisation de techniques de télédétection.

PRIORISATION DES MÉTAUX COMMUNS (7.5)

Recommandation

Le Comité appuie fermement la décision prise par la CGC de consacrer 10 % du budget annuel de la Division des ressources minérales à l'avancement de la science de l'exploration minérale. Les études à exécuter doivent être multidisciplinaires et être faites de concert avec le secteur privé et les universités.

PROPRIÉTÉS DES ROCHES (7.6)

Recommandation principale

La CGC doit établir une base nationale de données sur les propriétés des roches qui pourra répondre aux besoins de tous les scientifiques.

Recommandations secondaires

1. La tâche initiale consistera à cataloguer et à archiver les données existantes.

2. Le laboratoire des propriétés des roches pourra être combiné à la Section du paléomagnétisme de la DLBC.

3. Il faut en ce domaine faire appel à la communauté géoscientifique canadienne.

COMITÉ CONSULTATIF EXTERNE PERMANENT DE LA GÉOPHYSIQUE AUPRES DE LA CGC (8.0)

Recommandation

Le Comité recommande qu'un Comité consultatif externe permanent de la géophysique auprès de la CGC soit établi. Sa constitution devrait permettre la nomination des membres selon un système de rotation (par exemple 1/3 à 1/2 chaque année) et comporter un article prévoyant le maintien du Comité.

1.1 INTRODUCTION

En avril 1986, la «nouvelle» Commission géologique du Canada a été créée par la réunion de l'ancienne CGC à la Direction de la physique du Globe et au Secteur des sciences de la terre du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Suite à cette fusion, en avril 1987, l'ancien Secteur des sciences de la terre a été démantelé et la «nouvelle» CGC a été élevée au rang de Secteur et placée sous la direction d'un sous-ministre adjoint. Simultanément, le secteur de la CGC a été divisé en quatre directions (Géosciences marines et sédimentaires; Géosciences continentales et Ressources minérales; Levés géophysiques, Dangers et Sciences des terrains; et Programmes, Planification et Services) chacune dirigée par un directeur général. Dans chaque Direction, les unités principales sont des divisions qui relèvent chacune d'un directeur. Chaque division possède des sous-divisions. Price (Geotimes, décembre 1987, p. 4) a donné un bref exposé des ces remaniements.

Tout juste avant cette réorganisation, la Direction de la physique du Globe avait fait l'objet d'une étude de la part du «Comité Garland», ce qui avait donné lieu à un rapport publié par l'entremise du Conseil géoscientifique du Canada (Garland

1987). Le rapport cependant a été publié après la réorganisation. Les cinq premières pages de l'Étude 87-24 comprennent une section intitulée: «Réponse au Rapport du Conseil géoscientifique du Canada sur la Direction de la physique du Globe» où sont exposées les réactions aux 26 recommandations du Comité Garland.

Puisque la Direction de la physique du Globe a été incorporée à l'actuelle Commission géologique du Canada, le contenu de l'Étude CGC 87-24 donne un aperçu détaillé de la situation de la géophysique à EMR aux environs de 1986. L'Étude fait en quelque sorte l'historique de ces changements et comporte une section importante résultant d'une enquête faite auprès des utilisateurs. Elle présente aussi un aperçu des liens qui existent entre la DPG, les institutions gouvernementales, l'industrie et les universités. Le Comité n'a pas voulu refaire le rapport Garland et en recommande la lecture aux personnes intéressées si elles veulent se faire une idée rétrospective des principaux organismes de géophysique qui composent l'actuelle CGC.

1.2 LE COMITÉ CONSULTATIF EXTERNE DE LA GÉOPHYSIQUE AUPRES DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

Le Rapport Garland recommandait:

> «... qu'un comité de structure similaire au présent comité de révision mais avec l'addition de représentants de la géophysique minière soit établi, dont la mission permanente sera d'aider la Direction à élaborer des programmes et à revoir les progrès accomplis». (Garland, 1987).

La CGC a répondu:

> «Le principe d'établir un Comité consultatif externe de la géophysique auprès de la CGC a été accepté et des invitations seront lancées vers la fin de 1986. On cherchera à recruter des représentants de l'industrie, des universités et d'organismes internationaux». (Garland, 1987).

Le Comité consultatif externe de la géophysique auprès de la Commission géologique du Canada (ci-après appelé «le Comité») a été constitué en 1987 par M. R.A. Price, sous-ministre adjoint du Secteur de la Commission géologique du Canada, comme suit:

Le Comité comportera neuf membres dont 3 représentent l'industrie canadienne, 2 les universités canadiennes, 3 la communauté géophysique internationale et 1 les organismes des gouvernements provinciaux. Les membres du Comité, y compris son président, seront choisis par le Conseil géoscientifique du Canada et nommés par le sous-ministre adjoint responsable de la Commission géologique du Canada. Voici la liste des membres et leur affiliation:

M. H.O. Seigel, Président
Scintrex
Concord, Ontario

M. W. Kaula
Université de Los Angeles
Los Angeles, Californie

M. R.B. Barlow
Ontario Geological Survey
Toronto, Ontario

M. J.-P. Mareschal
Université du Québec à
Montréal, Montréal, Qué.

M.R.M. Clowes
Université de C.-B.
Vancouver, C.-B.

M. R. Masse
United States Geological
Survey, Denver, Colorado

M. W.E. Davitt
Chevron Canada Resources
Calgary, Alberta

M. J.E. Oliver
University Cornell
Ithaca, New York

M.C. Jobin
Dighem Surveys & Processsing Inc.
Mississauga, Ontario

1.3 MANDAT DU COMITÉ

Le but du Comité est de conseiller le Secteur de la Commission géologique du Canada du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources sur l'envergure et l'efficacité de ses activités géophysiques, y compris les réseaux d'observatoires, les levés nationaux, la géophysique d'exploration, la géophysique des terrains et autres domaines de la géophysique appliquée, la liaison internationale, les instruments de géophysique et le développement technologique. Les recommandations doivent se limiter aux secteurs pour lesquels le sous-ministre adjoint a le pouvoir d'agir, mais sont aussi bienvenus les observations et commentaires touchant des sujets plus étendus.

Le Comité examinera: a) les produits et les extrants des activités géophysiques de la Commission géologique du Canada, qu'il s'agisse d'information publiée ou de rapports internes; b) les installations de recherche à Dartmouth en Nouvelle-Écosse; à Ottawa en Ontario; à Calgary en Alberta; à Vancouver et à Sidney en Colombie-Britannique et peut-être quelques autres observatoires; c) le système de planification et de gestion des programmes en ce qui touche les activités géophysiques à la Commission dans son ensemble; et d) les plans et pratiques de développement des ressources humaines. Le Comité soumettra au sous-ministre adjoint, dans les deux années à venir, un rapport dans les formes convenables pour publication par la CGC et le Conseil géoscientifique du Canada. Il étudiera la possibilité d'établir un Comité consultatif externe permanent de la géophysique auprès de la CGC.

Le Comité recommandera les changements qui peuvent s'avérer nécessaires pour mieux répondre aux besoins du gouvernement canadien et à ceux des utilisateurs des services fournis par la CGC.

1.4 FONCTIONNEMENT DU COMITÉ

La première réunion du Comité a été tenue à Ottawa les 1er et 2 décembre 1987. Une revue complète des activités géophysiques à la CGC a été présentée par le sous-ministre adjoint et par les directeurs généraux et les directeurs. Le Comité a visité les laboratoires de géophysique et vu les expositions d'objets à 601 rue Booth, au 401 de la rue Lebreton et à la Division de la géophysique à l'Observatory Crescent. Le Comité a tenu sa première réunion d'organisation pour élaborer un plan d'attaque et examiner le niveau d'expertise technique qui est le sien.

Voici les principaux éléments du plan de revue mis au point:

- Visiter tous les centres où la CGC mène des activités géophysiques significatives, pour évaluer les programmes en cours et solliciter des contributions volontaires de la part de tous les scientifiques de la CGC, soit par écrit, soit par des entrevues personnelles avec les membres du Comité au cours de la visite.

- Se servir des enquêtes antérieures auprès des utilisateurs faites par Slind (1988), Devenny et Jardine (1986) et Garland (1987) pour évaluer la réaction de la communauté des utilisateurs aux travaux qui sont entrepris par la CGC dans le domaine de la géophysique.

- Examiner les activités de la CGC dans chaque division et par grand projet et évaluer la contribution et la pertinence de la composante géophysique.

- Examiner les relations de la composante géophysique de la CGC avec des organismes externes, y compris les ministères fédéraux, les commissions géologiques provinciales, les organismes internationaux et l'industrie canadienne.

- Obtenir des données statistiques sur l'utilisation des produits de la CGC. Examiner un échantillonnage pris au hasard.

- Obtenir des documents de planification interne touchant des projets individuels qui mettent à contribution la géophysique.

Le Comité a aussi élaboré des lignes directrices additionnelles :

- Le rapport final doit être conforme au mandat de la CGC. Selon le Plan à long terme de la CGC de 1987/88 à 1991/92, les objectifs d'activité de la CGC se définissent comme suit :

«Assurer la disponibilité de connaissances, de moyens techniques et d'expertise étendus en géologie, en géophysique et en géochimie touchant la masse continentale canadienne, y compris la terre solide sous-jacente, les régions au large des côtes, les ressources minérales et énergétiques et les conditions inhérentes à l'utilisation des terres et des fonds marins selon ce qui est nécessaire pour une exploration efficace des ressources minérales et énergétiques, pour l'évaluation du capital ressources du Canada, pour l'utilisation des terres, la sécurité publique et l'élaboration de politiques». (Document interne de la CGC)

- La probabilité de la mise en oeuvre des recommandations du rapport doivent être très élevées. Cela signifie obtenir d'abord, si possible, l'approbation du sous-ministre adjoint, des directeurs généraux et des directeurs.

- Dans la mesure du possible, les recommandations ne doivent occasionner que la redistribution des ressources, et non leur augmentation.

- Le caractère particulier de la géophysique, comme discipline, au sein de la CGC doit être clairement établi.

Un calendrier de visites à des endroits situés à l'extérieur d'Ottawa a été élaboré et un coordonnateur a été nommé pour chaque visite.

1.5 RÉSUMÉ DE L'ACTIVITÉ DU COMITÉ

L'Institut de géologie sédimentaire et pétrolière a été visité par M. W.E. Davitt (coordonnateur) et M. R.M. Clowes le 8 février 1988. Le Centre géoscientifique de l'Atlantique a reçu la visite de MM. J.-C. Mareschal (coordonnateur), R.M. Clowes, W.E Davitt, R. Masse, H.O. Seigel les 25 et 26 avril 1988. La Division de la géologie de la Cordillère et du Pacifique et le Centre géoscientifique du Pacifique ont reçu MM. R.M. Clowes (coordonnateur), W.E. Davitt, W. Kaula, R. Masse, J.-C. Mareschal et H.O. Seigel les 12 et 13 mai 1988. Les divisions qui s'occupent de géophysique à Ottawa ont reçu la visite de tous les membres du Comité (M. R.B. Barlow était absent) du 22 au 24 juin 1988.

Des réunions supplémentaires du Comité pour revoir l'information recueillie, pour discuter de recommandations préliminaires avec la direction de la CGC et pour préparer et présenter ce rapport ont été tenues à Ottawa les 13 et 14 octobre 1988 et à Toronto le 17 janvier 1989. Une première ébauche du rapport final a été revue par le Comité le 15 mai 1989 et le rapport final a été soumis au sous-ministre adjoint et au Conseil géoscientifique du Canada en juillet 1989.

Ceux qui liront le rapport dans son entier se rendront compte qu'il est le produit d'un comité. Nous avons essayé de maintenir une certaine uniformité d'une section à l'autre, mais nous avons jugé qu'il ne valait pas la peine de réécrire l'ensemble du rapport pour une simple question d'uniformité de style.

1.6 UNE CIBLE MOBILE

Il ne faut pas oublier que des changements continuels ont été apportés à la CGC au cours de l'année et demie d'existence de ce Comité. Au moment de la première réunion du Comité en décembre 1987, la CGC comptait environ 1 000 employés et son budget annuel était de 105 millions de dollars. Le sous-ministre adjoint responsable de la CGC était M. R.A. Price, et le ministre responsable d'EMR, l'Honorable Marcel Masse.

Il existe une certaine préoccupation générale concernant le déclin du budget de base A et le fait que l'on compte plutôt sur du «financement accessoire» lorsqu'il s'agit d'appuyer la majeure partie des activités de la CGC. Les ententes sur l'exploitation minérale conclues avec les provinces vont prendre fin et la plus importante source de «financement accessoire», le Programme géoscientifique des régions pionnières, est en révision. La pénurie d'espace à bureaux en plusieurs endroits est aussi une source de préoccupation. La pression se fait plus forte pour que la CGC augmente le nombre de projets multidisciplinaires. C'est une des raisons qui expliquent la fusion de la Direction de la physique du Globe avec la CGC.

Au début de 1989, un peu plus d'un an plus tard, un nouveau sous-ministre adjoint, M. E.A. Babcock, a été nommé chef de la CGC et l'honorable Jake Epp est devenu le ministre responsable d'EMR. L'établissement d'un centre géoscientifique à Québec, projet conjoint du gouvernement du Québec et de la CGC, a été annoncé et le Centre géoscientifique du Pacifique s'est vu octroyer le statut de «division». La reconduction du Programme géoscientifique des régions pionnières a été approuvée et son financement fait partie du budget de base A. Avec la fin des ententes sur l'exploitation minérale et des coupures possibles dans d'autres secteurs, la CGC a eu fort à faire pour s'adapter aux changements.

1.7 REMERCIEMENTS

La collaboration qu'ont fournie les gestionnaires de la CGC, à tous les niveaux, a grandement facilité le travail du Comité. La participation des directeurs généraux et des directeurs a été très utile pour recueillir l'information et aider à l'organisation des visites. Le Comité saisit l'occasion pour offrir ses remerciements et reconnaître cette collaboration absolue. Le Comité veut remercier en particulier plusieurs géophysiciens et autres géoscientifiques qui se sont présentés pour discuter de leurs préoccupations et de leurs idées et pour présenter leurs recommandations sur les façons d'améliorer l'état de la géophysique au sein de la CGC.

2.0 ORGANISATION ET ACTIVITÉ EN GÉOPHYSIQUE A LA CGC, AUTOUR DE 1988

Au cours de ses nombreuses réunions et visites dans tous les groupes de géophysique au sein de la CGC, le Comité a été à même de se rendre compte de

la grande diversité des activités géophysiques et de l'éparpillement des géophysiciens dans l'ensemble de l'organisation. Cette situation est conforme à la politique de gestion de la CGC qui adopte une approche multidisciplinaire pour ses programmes scientifiques. Pour résumer les activités géophysiques à l'intérieur de la CGC, le Comité a préparé un diagramme (figure 1) intitulé: «Organisation et activités géophysiques à la CGC, vers 1988». L'information contenue dans ce diagramme provient de diverses présentations qui ont été faites au Comité. Ce diagramme n'a pas la prétention d'être définitif et on y trouvera sûrement des erreurs et des omissions; il fournit cependant une vue d'ensemble.

2.1 LA GÉOPHYSIQUE A LA CGC

Suite à la fusion de la Direction de la physique du Globe et de (l'ancienne) CGC, la géophysique a été établie comme une composante majeure de la (nouvelle) Commission géologique du Canada. Plusieurs activités qui relevaient auparavant de la DPG ont pour but de fournir des données qui dépassent le mandat original de la CGC «d'étudier les roches du Canada». On y trouve par exemple la surveillance de la sismicité et son utilisation dans l'élaboration des codes du bâtiment, les effets terrestres des fluctuations magnétiques atmosphériques, l'utilisation du réseau sismique de Yellowknife pour la détection des explosions nucléaires, la compilation de la Carte gravimétrique du Canada pour des études sur un large éventail de sujets allant des structures géologiques au géoïde («figure de la Terre»), des recherches en géodynamique appliquées à des problèmes de tectonique régionale et des mouvements à l'échelle continentale et des études géothermiques qui vont du pergélisol au flux thermique (moteur thermique de la Terre).

La géophysique, en elle-même, est une discipline des sciences de la terre et comme telle doit être prise en considération. En même temps, la géophysique est comme le «télescope» permettant au géologue de voir à l'intérieur de la terre; autrement dit, elle offre des moyens d'obtenir des «images» de l'intérieur, de sonder les profondeurs par extrapolation à partir de la géologie de surface. Ce rôle scientifique double, d'être une discipline qui se prête à des applications, est important et bien représenté à la CGC.

Dans le cadre de la charte originale de la CGC, la géophysique a un rôle important à jouer. Ce n'est qu'une partie minuscule des «roches du Canada» qui est observable en surface ou, sous la surface, par des puits forés ici et là. Il faut faire appel à la géophysique pour combler les vides qui demeurent là où les observations géologiques sont possibles et pour étudier les éléments de la terre que la géologie ne peut étudier, soit pour cause d'inaccessibilité ou de manque de techniques géologiques appropriées. Chaque discipline scientifique a grandement contribué à la compréhension de la masse continentale canadienne et avec une interaction accrue, ces contributions se multiplieront.

Quoique la majeure partie de ce rapport traite de questions et de problèmes qui ont été au centre de ses activités, le Comité reconnaît qu'il existe plusieurs

positions de force pour la géophysique à la CGC. Nous pensons qu'il est important d'en présenter quelques-unes.

Les Réseaux sismographiques nationaux ont été un chaînon stable et sûr du réseau mondial durant des décennies. Ils ont toujours fourni des données de haute qualité et maintenu des normes très élevées. La (nouvelle) Division de la géophysique (avec une ancienne composante du CGP) est un leader mondial dans le domaine des réseaux sismiques numériques (réseaux télémétriques de l'est et de l'ouest du Canada) et continue de réaliser des progrès en ce domaine. Ces scientifiques ont été les premiers à tracer une carte de probabilité des dangers qui a été et continue d'être incorporée au Code du bâtiment du Canada.

Le réseau canadien de géomagnétisme a aussi été un chaînon stable et sûr du réseau mondial. Vu la superficie très étendue du Canada et sa répartition dans les latitudes septentrionales, ces informations sont essentielles pour suivre les variations du champ magnétique et essentielles aussi pour de nombreux «clients», qu'il s'agisse d'entreprises de communication, d'électricité ou d'exploration, ou de groupes qui se consacrent à la recherche des mouvements fluides dans le noyau terrestre. Seul un organisme public peut maintenir la permanence et les normes élevées qui sont nécessaires dans le cas de ces programmes.

Les deux programmes nationaux de cartographie (gravimétrique et aéromagnétique) sont considérés, à l'échelle mondiale, parmi les plus complets et de la plus haute qualité. Ils fournissent une couverture inégalée pour les études régionales et les données aéromagnétiques, et s'avèrent particulièrement utiles en exploration minérale et en cartographie géologique de subsurface. Les travaux récents en traitement des images et en utilisation des couleurs sont excellents. Les résultats de ces programmes sont utilisés par une grande variété de «clients».

La mise au point d'instruments, activité poursuivie à l'appui des programmes de géophysique de la CGC, a une longue tradition d'innovation et d'excellence. Garland (1987) fait observer que la Direction de la physique du Globe «a gagné sa réputation mondiale de leader scientifique et de chercheur de premier ordre en géophysique en partie à cause de nombre de ses spécialistes concepteurs d'instruments». Dans le domaine de la magnétométrie aérienne, la CGC a apporté des contributions significatives dans la conception d'instruments, y compris certains aspects des magnétomètres à précession nucléaire, les magnétomètres à autorientation et à pompage optique et les gradiomètres magnétiques. Dans ce dernier cas, la CGC s'est distinguée dans l'accroissement de la résolution géologique par la mesure aérienne des gradients magnétiques.

Une des innovations qui ont connu le plus de succès a été l'enregistreur portable des ondes de sismique-réfraction conçu et construit pour le projet Lithoprobe et pour d'autres projets. Après établissement de nombreux critères de conception qui ont mis à contribution des scientifiques du gouvernement et des universités, des prototypes ont été développés et testés à la Section des instruments de la Division de la géophysique. Un marché pour les instruments a été identifié et la technologie

a été transmise à EDA Instruments de Toronto qui a poursuivi les travaux de R et D.

Deux cas de développement d'instruments destinés aux levés marins ont permis à des chercheurs de la CGC d'obtenir de l'information critique qui autrement n'aurait jamais pu être recueillie. La mise au point, au CGA, d'un sismographe de fond marin relativement peu coûteux et facilement déployable, et d'un grand réseau de canons à air a permis de recueillir des données en réfraction marine de très haute densité, ce qui a rendu possibles des interprétations géologiques antérieurement inaccessibles. Leur conception a été soumise à une université (U. C.-B.) qui a construit six exemplaires de cet instrument pour utilisation sur la côte ouest; une autre université (Dalhousie) s'est inspirée de la même conception et travaille actuellement à son expansion. De même, le développement, en collaboration, d'un magnétomètre de fond marin au CGP et à la DG a rendu possible l'acquisition de données qui permettront de déterminer la structure électrique de la terre sous les océans, ce qui, encore une fois, n'était pas faisable antérieurement.

Les études de réflexion crustale multicanaux en milieu marin et les interprétations en continu effectuées au CGA par l'entremise du PGRP et de Litnoprobe se comparent à tout ce qui se fait dans le monde. Les données recueillies ont été très en demande dans l'industrie, qui les applique à l'étude du cadre régional dans lequel s'est développé le bassin sédimentaire au large des côtes. En particulier Husky Oil et Pétro-Canada ont préparé leurs propres interprétations des données et les ont présentées à ces conférences. Le Groupe de géophysique marine au CGP a apporté des contributions scientifiques qui sont hors de proportion avec la taille du groupe. Le travail que les membres du groupe ont accompli (avec l'aide de quelques autres) au large de la côte ouest a fait que cette zone de subduction est de celle qui a été la plus globalement étudiée au monde. Leur excellence et leur expertise sont reconnues à l'échelle mondiale.

La Section de la sismologie et de l'électromagnétisme à la DLBC est mondialement reconnue dans son domaine d'activité pour les travaux qu'elle a effectués en réflexion/réfraction crustale et pour l'acquisition de données en magnétotellurisme et leur interprétation en relation avec la géotectonique. On a mis au point un logiciel unique et efficace pour le traitement et l'analyse spécialisés des données dans les deux domaines, et la communauté scientifique en a reconnu l'excellence.

La Section de la géophysique des terrains qui effectue des travaux de sismique de faible profondeur à la Division de la science des terrains est à l'avant-garde du progrès dans l'acquisition et le traitement de ces données. Les scientifiques de la section ont été les premiers à développer une méthode simple et efficace pour obtenir des profils de réflexion à l'aide de sismographes multicanaux améliorés. L'interaction avec l'industrie, les autres organismes du gouvernement et les universités est bien établie, par la fourniture de conseils et d'information et par des publications.

La Sous-division de la reconnaissance régionale au CGA est un bon exemple de l'intégration des résultats obtenus en géophysique à l'information géologique grâce aux études de modélisation des bassins. Leurs travaux représentent ce qui se fait de plus avancé dans l'étude des bassins et ces scientifiques le font aussi bien que partout ailleurs au monde.

Le degré de collaboration avec les chercheurs universitaires est un autre aspect très positif de la géophysique à la CGC. Sur la côte est, les géophysiciens du CGA collaborent avec des scientifiques des universités Dalhousie et Memorial; sur la côte ouest, les scientifiques du CGP ont travaillé à de nombreux programmes conjoints avec l'U. C.-B. et d'autres universités du Canada et des États-Unis. De même, des géophysiciens de la Section de la sismologie et de l'électromagnétisme de la DLBC ont travaillé activement en collaboration avec des géophysiciens de plusieurs universités canadiennes. Dans tous les cas, ces travaux effectués en collaboration ont été bénéfiques pour les secteurs, le gouvernement et les universités, et, ce qui est plus important, ont donné des résultats de haute qualité scientifique.

2.2 LE ROLE DE LA RECHERCHE EN GÉOPHYSIQUE A LA CGC

Question

Quel est le rôle propre de la recherche en géophysique à la CGC?

Contexte

La communauté géoscientifique, au Canada, est répartie entre trois secteurs principaux : les gouvernements (fédéral et provinciaux), les universités et le secteur privé. Ces trois secteurs poursuivent leur recherche dans leurs divers domaines d'intérêt.

Comme il convient à une économie de libre entreprise, le secteur privé (sociétés exploitant les ressources, les experts-conseils, les entrepreneurs et les fabricants d'instruments) est dépendant du marché lorsqu'il s'agit de déterminer la nature et l'étendue de ses activités de recherche. En gros, ses programmes de recherches sont de ceux dont on peut attendre, à relativement court terme, des avantages d'ordre économique. Ces programmes sont rarement axés sur la recherche fondamentale, celle-ci étant caractérisée par des incertitudes d'ordre technique et économique assez prononcées. La recherche géoscientifique dans les universités canadiennes est concentrée dans des domaines qui intéressent plus particulièrement les enseignants qui ont le plus d'influence. Il en résulte que certains sujets de recherche sont très bien représentés dans le monde universitaire tandis que d'autres sont totalement laissés de côté.

En se fondant sur les directives qui touchent la recherche au gouvernement (min. des Sciences et de la Tech., 1987), le rôle propre de la recherche à la CGC a été défini par le SMA comme celle qui est pertinente à la mission de la CGC, mais

qui n'est pas faite (ou ne peut être faite) par les universités ou le secteur privé. A cause de la liberté dont jouissent les chercheurs dans les universités, et de la totale liberté qui existe dans le secteur privé, l'expression «ne peut être faite» est de peu de signification.

De façon plus spécifique, le rôle de la géophysique à la CGC se définit comme suit :

«Assurer la disponibilité, de façon globale, . . . des connaissances, de la technologie et de l'expertise en ce qui touche la masse continentale du Canada . . . comme l'exigent une exploration efficace . . . l'évaluation du capital ressources du Canada, l'utilisation des terres, la sûreté publique, la sécurité et l'élaboration de politiques».

Pour atteindre ces objectifs en ce qui regarde la géophysique, la CGC procède à des levés géophysiques appropriés à l'établissement et à la compréhension du cadre géologique fondamental de la masse continentale canadienne, y compris ses prolongements au large des côtes; elle entreprend des levés géophysiques et maintient des réseaux d'observatoires géophysiques qui servent à la cartographie des dangers d'ordre naturel existant au Canada, à l'échelle régionale. L'analyse des données ainsi obtenues, leur interprétation et l'établissement de leur relation avec la géologie et la tectonique régionales représentent la composante complémentaire de la recherche géophysique. Ainsi, la recherche en géophysique couvre une vaste gamme d'activités qui sont essentielles pour que la CGC puisse remplir le mandat qu'elle a reçu du gouvernement:

1. Maintien de réseaux nationaux d'observatoires pour l'observation des tremblements de terre et du champs géomagnétique; analyse des données obtenues.

2. Acquisition, analyse et interprétation de données de sismique-réfraction et de sismique-réflexion et de données électromagnétiques.

3. Programmes nationaux de cartographie gravimétrique et aéromagnétique; développement des méthodes d'analyse (ex. les cartes aéromagnétiques selon «l'angle solaire»); analyse et interprétation des données.

4. Développement de méthodes en ce qui touche particulièrement la géophysique appliquée (spectrométrie gamma au sol et aérienne, profils sismiques à faible profondeur communs et offset, établissement de normes relatives aux levés aériens et étalonnage des instruments).

5. Études du paléomagnétisme pour reconstituer des mouvements tectoniques.

6. Études géothermiques pour comprendre l'une des forces primaires en jeu dans les processus géologiques (le moteur thermique de la Terre).

7. Levés d'essai (levés radiométriques multicanaux, gradiométrie magnétique, etc.) afin d'établir l'application possible de ces méthodes dans des conditions géologiques connues.

8. Mise au point d'instruments, y compris des magnétomètres aéroportés à précession nucléaire et à pompage optique, des gradiomètres magnétiques, des sismographes portables, des réseaux d'observations informatisés, des spectromètres gamma multicanaux, des radars d'exploration au sol et des récepteurs électriques à fins multiples.

Le Comité est d'avis que les levés détaillés nécessaires à l'exploitation des ressources canadiennes est normalement la responsabilité de l'industrie qui exploite une ressource particulière. De même la cartographie détaillée des risques naturels, à un endroit déterminé, est la responsabilité d'autres organismes publics (provinciaux, municipaux) ou du promoteur.

Les activités de développement d'instruments ne doivent être entreprises qu'à l'appui des programmes de la CGC, et ne se justifient que lorsque les appareils ne peuvent être achetés. Lorsque le développement devient nécessaire, il doit être entrepris par l'industrie, ou en collaboration avec l'industrie, chaque fois que cela est possible et économique de le faire. L'industrie manufacturière canadienne d'instruments de géophysique est maintenant suffisamment forte dans ses capacités de développement et ses possibilités de mise en marché et de distribution. Cependant, il est nécessaire de conserver à la CGC une certaine capacité de développement en ce domaine afin de maintenir un niveau de compétence convenable et de rendre possibles certains développements très spéciaux qui peuvent parfois être nécessaires pour mener à bien des programmes scientifiques qui font partie du mandat de la CGC.

Il serait cependant approprié pour la CGC de promouvoir la mise au point d'appareils dans l'industrie en agissant comme catalyseur de projets de recherche valables, par exemple en appuyant les demandes faites auprès de sources fédérales connues de subventions en R et D comme le PARI et l'UP. L'administration du Fonds de recherche en aéromagnétisme de la Division de la géophysique est précisément efficace en ce domaine.

La haute direction de la CGC, de façon générale, accepte le point de vue que si l'on veut obtenir et retenir les services de géophysiciens de haut calibre, il faut qu'elle leur offre la chance de faire de la recherche.

Recommandations

La CGC doit continuer à s'engager dans une gamme étendue d'activités de recherche en géophysique qui s'inscrivent dans le cadre de sa mission. Lorsque c'est possible, ces activités doivent complémenter celles des secteurs privé et universitaire. Il faut aussi encourager la recherche faite en collaboration.

De façon générale, la CGC doit entreprendre des projets de R et D en géophysique qui se rattachent à des développements technologiques (méthodologiques), à de nouvelles méthodes de traitement de données, à leur interprétation et à leur présentation et doit aussi se préoccuper de projets qui concernent des levés expérimentaux destinés à faire l'essai de nouveaux appareils ou de nouvelles technologies dans des conditions géologiques connues au Canada.

La CGC doit travailler avec des partenaires du secteur privé afin de faciliter la mise au point d'instruments de géophysique d'intérêt commun, mais en agissant à titre d'intermédiaire à l'appui des demandes de subventions faites auprès d'autres sources publiques. La CGC ne doit s'engager dans le développement d'instruments que dans la mesure où cela est nécessaire pour appuyer ses principaux programmes de recherche, et seulement si cette capacité n'existe pas dans l'industrie.

2.3 DOSAGE DE L'ACTIVITÉ GÉOPHYSIQUE EN FONCTION DE LA MISSION DE LA CGC

Questions

Est-ce que les activités géophysiques à la CGC sont orientées, d'une façon équilibrée, vers l'atteinte des objectifs de la mission de la CGC? Où fixer les limites entre des levés régionaux effectués par la CGC et des levés détaillés exécutés par l'industrie?

Contexte

«. . . Depuis la parution des cartes en octobre 1987, plus de 300 concessions ont été jalonnées dans la région; 138 d'entre elles ont été jalonnées comme résultat direct de la parution de la carte du potassium, à cause du rapport connu qui existe entre l'or et l'enrichissement en potassium. . .».

«. . . la mine dans les T. N.-O. a été découverte grâce à l'anomalie rapportée par la CGC en spectrométrie aux rayons gamma. . .».

«. . .une importante venue aurifère. . .a été découverte à la suite de l'étude d'une anomalie détectée par levés aériens. . .».

(Rapport interne de la CGC)

Il a été reconnu que l'une des activités légitimes de la CGC est d'apporter son aide à l'exploitation des ressources minérales du Canada. Cependant, si, au lieu des citations précédentes, on avait lu :

«En se fondant sur des études de sismique-réflexion faites par la CGC, six importantes sociétés pétrolières ont loué à bail de vastes étendues de terrain et ont foré de nombreux puits productifs. Les réserves prouvées sont de l'ordre de 100 millions de barils».

Est-ce que cela serait perçu comme une activité légitime de la CGC?

C'est une question évidente d'équilibre. Est-ce que l'industrie des minéraux, dans son entreprise d'exploitation des ressources minérales du Canada, doit recevoir un appui de cet ordre? Est-ce que l'industrie du pétrole, ou l'industrie du charbon ou l'industrie des agrégats doivent recevoir le même niveau d'aide?

Une autre question qui s'y rattache est celle de l'échelle des travaux. La CGC doit-elle effectuer des levés qui soient tels qu'on puisse les utiliser directement dans la recherche de tel type de ressources? Dans le cas de projets conjoints avec les provinces, en vertu d'ententes sur l'exploitation minérale, de tels travaux détaillés peuvent être justifiés, les fonds étant disponibles pour appuyer des objectifs politiques en plus de la valeur scientifique elle-même.

Des levés pourraient être entrepris en collaboration avec l'industrie; la CGC fournirait l'argent nécessaire à l'acquisition des données à l'échelle régionale et l'industrie apporterait les fonds nécessaires à l'acquisition des données supplémentaires nécessaires pour procéder à une analyse détaillée. La publication de ces derniers résultats à haute résolution pourrait être retardée jusqu'à ce que les participants du secteur industriel aient eu le temps d'utiliser les données.

Il y a une question d'ordre plus général. A quel niveau de détail un levé doit être effectué pour que la CGC soit réputée avoir satisfait à sa charte originale qui lui demande :

> «. . .d'exécuter un levé géologique précis et complet de cette Province et de fournir une description scientifique et complète des ses roches, sols et minéraux accompagnée des cartes, diagrammes et dessins appropriés. . .».

Si la cartographie à 1/250 000 est terminée, doit-on la refaire à 1/100 000 avec plus de détails? à 1/50 000? à 1/10 000?

De façon générale, sauf dans le cas de levés d'étalonnage effectués en milieux connus, on s'attend à ce que la cartographie à l'échelle régionale soit terminée avant d'entreprendre des levés plus détaillés.

Recommandations

Dans les domaines des sciences de la terre qui servent à l'exploitation des ressources, la CGC doit évaluer et, si nécessaire, réorienter ses activités de façon à mieux proportionner l'importance accordée aux travaux faits à l'appui des diverses industries basées sur les ressources.

Sauf dans les cas d'ententes spéciales avec d'autres organismes publics ou avec l'industrie, les projets de cartographie ne doivent pas être poussés au point de rendre possible l'utilisation directe et immédiate des cartes dans l'exploration des ressources.

La CGC doit établir une série de lignes directrices sur les échelles à utiliser en cartographie géophysique dans le cadre des levés réguliers. Elle doit aussi émettre des lignes directrices touchant les projets de cartographie détaillée, y compris les échelles appropriées et les critères qui justifient ces projets.

3. QUESTIONS RELATIVES AUX DISCIPLINES DE LA GÉOPHYSIQUE

Le Comité a examiné l'éventail des activités géophysiques courantes de la CGC afin d'être en mesure de juger de leur ampleur et de leur efficacité. Dans cette section, nous présentons nos observations sur les aspects saillants de ces activités dans chaque discipline majeure de la géophysique.

3.1 SISMOLOGIE DES TREMBLEMENTS DE TERRE

Question

Quel est l'état actuel du programme de sismologie des tremblements de terre à la CGC en ce qui concerne :

1. les réseaux sismographiques, l'enregistrement des données, ainsi que l'analyse et l'évaluation des risques?

2. la prévision des séismes?

Contexte

Comme on l'a fait observer antérieurement, les réseaux sismographiques nationaux sont l'un des nombreux aspects très positifs de la géophysique au sein de la CGC. Ils sont essentiels dans l'évaluation des risques sismiques, dans l'établissement des politiques gouvernementales comme les codes du bâtiment, dans la détection des explosions nucléaires et dans l'étude de la nature et des genres de tremblements de terre qui se produisent au Canada. Garland (1987) mentionne la haute qualité de ces travaux :

> «Les réseaux sismographiques nationaux sont des modèles de fonctionnement efficace. La qualité des sismogrammes est très bonne. . .». La (nouvelle) Division de la géophysique «mérite une mention spéciale pour l'excellence de ses bulletins sismologiques, y compris ses catalogues et cartes de sismicité. Ce sont des données fondamentales dont la valeur augmente avec le temps. . . Les études sismologiques reliées à l'identification, à la localisation et à la reconnaissance des explosions nucléaires souterraines, combinées à la participation des experts canadiens dans les discussions sur le désarmement, représentent aussi une contribution importante pour le pays et pour l'ensemble de l'humanité».

Les réseaux relèvent d'abord de la Section de la sismologie, Sous-division de la sismologie et du géomagnétisme de la DG (13 a.-p. sont directement affectées aux

divers aspects du réseau, et on compte aussi 8 chercheurs en sismologie); une composante existe dans l'ouest du pays, dirigée par le Centre géoscientifique du Pacifique, qui est une sous-division de la DGCP (3 a.-p. y sont affectées, y compris le chef de sous-division, et un peu d'aide technique est apportée par le Groupe des instruments et d'appui aux programmes). Le programme est bien organisé, bien exécuté et permet au Canada de respecter ses obligations internationales concernant les études de sismicité globale. Les réseaux de télémétrie, soit le Réseau de télémétrie de l'est du Canada (RTEC) et le Réseau de télémétrie de l'ouest du Canada (RTOC) fournissent, en temps réel, des données numériques de haute qualité. La DG fournit au CGP un peu d'aide technique. La DG, en consultation avec le CGP, a aussi élaboré des plans afin de maintenir à la fine pointe de l'art la capacité des réseaux («Une nouvelle génération de réseaux sismographiques exploités par la Commission géologique du Canada»; document interne de la DG, décembre 1987).

Grâce aux traditions et aux contacts établis, la répartition des responsabilités entre les groupes n'a pas été un problème. Au cours des entrevues, cependant, le Comité a été informé que des problèmes peuvent se poser, surtout dans le cas du CGP, à cause des compressions des ressources humaines et autres. Dans le cas d'un événement de grande ou de moyenne importance, la DG a le personnel nécessaire pour déployer rapidement des stations portables et enregistrer les répliques, mais le CGP n'a pas cette capacité et dépend des ressources d'une direction différente qui se trouve à Ottawa. Ainsi la fusion peut avoir eu des conséquences négatives en coupant les liens entre le CGP, qui connaît une pénurie de personnel sur la côte ouest et aux prises avec des problèmes importants, et la DG qui s'occupe de problèmes moins graves dans l'est du pays.

Les analyses sismiques comprennent la mise au point et l'utilisation des techniques les plus avancées dans l'interprétation des données et la détermination des paramètres initiaux des tremblements de terre. La DG a un certain nombre de personnes qui s'occupent de cet aspect tandis que le CGP ne possède qu'un seul employé, qui est débordé. L'ancienne DPG avait une bonne réputation dans ces genres d'études mais le personnel d'aujourd'hui n'a pu se maintenir à la fine pointe du progrès international en ce domaine, peut-être à cause du manque de jeunes scientifiques qualifiés.

L'évaluation des dangers sismiques concerne l'estimation des mouvements forts du sol susceptibles de se produire dans une région ou à un endroit donné. L'évaluation des risques consiste à prévoir les conséquences (pertes de vies, dommages causés) de ces forts mouvements du sol. Dans ce contexte, la région de la côte ouest présente des dangers beaucoup plus élevés. Les risques peuvent être comparables du fait que la population est plus forte dans l'est. La répartition des ressources, cependant, entre le CGP et la DG n'est pas proportionnée aux dangers et risques relatifs. Les deux groupes font un peu de recherches, en intégrant des études néotectoniques dans leur évaluation des dangers sismiques, mais leurs travaux sont limités par une question de personnel.

La prévision des tremblements de terre consiste à prévoir quand se produiront des séismes, tout en fournissant de l'information sur l'emplacement, le temps et la magnitude. La recherche dans ce domaine est difficile; les problèmes étudiés n'ont pas de solutions évidentes et les efforts consacrés ne garantissent aucun résultat. La recherche sur les tremblements de terre en général et sur leur prévision en particulier est très peu connue au Canada, non seulement à la CGC mais aussi dans les universités. Cela est très différent de ce qui se passe aux États-Unis où l'USGS, la NOAA et les universités poursuivent des travaux considérables (commencés en 1970) dans le domaine de la prévision des séismes. C'est à partir de ces études (et d'autres aussi) que l'on peut dire que les problèmes sont extrêmement difficiles.

La DPG (avant la fusion) avait un programme multidisciplinaire d'observation prémonitoire des tremblements de terre centré sur la région de Charlevoix au Québec, mais il a été éliminé à cause des réductions que nécessitait la fusion. La DG ne possède pas d'autre programme semblable.

Au CGP, le problème de la prévision des séismes est considéré en terme de mesure des déformations crustales. Associée à ces travaux et à d'autres études sismiques, le projet ("Mégaséismes de subduction sur la côte ouest" - document interne de la CGC; voir aussi Dragert et Rogers, 1988) a été conçu de lancer un effort majeur de recherche en vue de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse voulant que des mégaséismes de subduction (supérieurs à M = 8) se soient produits dans le passé dans la région de l'île de Vancouver, d'établir où nous en sommes actuellement dans le cycle, et d'évaluer les dangers pour inclure cette évaluation dans le Code national du bâtiment. Le Comité appuie entièrement ce projet. Quelle que soit la décision politique qui sera prise au sujet de ce programme, le Comité est d'avis que la répartition actuelle des ressources consacrées à la sismicité et aux études connexes n'est pas adéquat pour répondre aux problèmes qui se posent dans l'ouest du Canada.

Une nouvelle répartition des ressources à la CGC, en fonction des problèmes les plus urgents, devrait permettre de mettre sur pied un programme dynamique et fructueux en sismologie des tremblements de terre, et ce avec peu de ressources additionnelles (un ou deux spécialistes de calibre international en matière de sources sismiques; non compris le projet des mégaséismes de subduction, qui requiert des ressources additionnelles).

Recommandations

Les Réseaux sismographiques nationaux doivent poursuivre leurs observations en permanence, 24 heures par jour et 365 jours par année. Ils **doivent être exemptés** de la mesure de réserve de 10 % recommandée par le Comité (voir la Section 5.2).

Le Comité recommande que les Réseaux sismographiques nationaux obtiennent les ressources requises pour maintenir et bonifier les plans d'informatisation des

réseaux. Cela doit être fait suite à un examen par des pairs et aux observations appropriées qu'ils formuleront à ce propos. La répartition des ressources consacrées aux recherches sismologiques et aux observations entre la DG et le CGP n'est pas proportionnée aux dangers et aux risques relatifs; il faut corriger la situation. Le Comité recommande une nouvelle répartition des ressources humaines et financières affectées à la sismologie (et à la géodynamique qui lui est étroitement apparentée).

Le projet des "Mégaséismes de subduction de la côte ouest" a été conçu comme un effort de recherche majeur sur l'existence possible de tremblements de terre dus à la subduction et de magnitude supérieure à 8. Le Comité appuie entièrement cette initiative et le besoin de nouvelles ressources qu'elle sous-entend.

Le Comité recommande que la CGC s'attaque au problème du manque de permanence de l'expertise canadienne en sismologie des tremblements de terre en prenant des mesures d'encouragement à l'égard des étudiants du premier cycle (voir la Section 5.4) et, chaque fois que c'est possible, en appuyant la recherche universitaire par l'entremise de conventions de recherche ou d'autres programmes.

3.2 GÉODYNAMIQUE

Question

Le programme actuel de géodynamique à la CGC répond-il aux besoins nationaux?

Contexte

La géodynamique, qui consiste à mesurer les mouvements qui se produisent actuellement dans la lithosphère, est étudiée grosso modo à deux échelles : globale et locale.

La géodynamique globale traite du mouvement de la terre solide dans son ensemble ou du mouvement respectif de points situés à des milliers de kilomètres de distance. L'intérêt scientifique en est grand parce que des phénomènes à grande échelle (tectonique des plaques, charges exercées par les courants océaniques et atmosphériques, interactions noyau-manteau, marées, détente post-glaciaire, etc.) deviennent de plus en plus mesurables grâce aux nouvelles techniques et se prêtent de plus en plus à des interprétations théoriques. Bien que la tectonique des plaques soit le cadre essentiel dans lequel il faut concevoir la géodynamique globale, et que les effets des changements climatiques deviennent perceptibles dans les données recueillies, les applications de la géodynamique globale se limitent surtout à l'observation de la rotation de la Terre et au déplacement des pôles, tâche que le Canada partage avec d'autres nations. La précision de ces observations, nécessaire à la navigation, est une affaire de routine. Le souci d'atteindre une haute précision est purement scientifique.

La géodynamique locale concerne le mouvement relatif de points de la terre solide distants de quelques kilomètres à une centaine de kilomètres. Il s'agit, là aussi, d'une question d'un grand intérêt scientifique, mais plus difficile (et en conséquence moins attrayante pour certains), à cause de la complexité des comportements tectoniques. Actuellement, la mesure des mouvements contemporains faite avec la précision, la fréquence et le détail requis pour assurer une percée significative ne devient possible, grâce au SPG, que dans les zones particulièrement actives. Ces zones sont caractérisées par des tremblements de terre et sont associées, à des degrés divers, aux marges du système global de la tectonique des plaques. La géodynamique locale offre de grandes possibilités d'ordre pratique vu la contribution qu'elle peut apporter à la réduction des dangers sismiques. La compréhension du milieu tectonique dont on a besoin pour en arriver à des prévisions valables exigera probablement des réseaux géodésiques denses et à mesures répétées.

Le développement de modèles quantitatifs de la Terre comme système dynamique, ce qui est le principal objectif de la géodynamique, doit fournir l'information qui permettra :

1. L'évaluation quantitative des tendances actuelles du régime terrestre et du changement global significatif, en mettant en évidence les effets globalement intégrés de la circulation atmosphérique et océanique, les variations des niveaux de la mer et de la nappe aquifère, de la redistribution de la biomasse saisonnière et permanente, de la déglaciation, etc.

   Ex.: a) La surveillance du niveau des mers exige que l'on différencie avec soin les mouvements verticaux de la croûte dans les régions côtières de l'élévation globale du niveau des mers;

   b) la surveillance de la durée du jour fournit de l'information sur la dynamique de l'atmosphère et des océans;

   c) les déplacements des pôles de rotation donnent de l'information sur la redistribution des masses à l'intérieur de la Terre (tectonique des plaques, tremblements de terre, etc.) et à sa surface (recul des glaciers, variation du niveau des mers).

2. L'amélioration de la précision des systèmes de levé et de navigation, permettant le maintien des normes et la permanence à long terme.

3. Une meilleure compréhension de la structure de la Terre et de ses propriétés, en particulier la mécanique des phénomènes crustaux et de la tectonique des plaques, qui influent directement sur l'évaluation des dangers sismiques.

Au Canada, les dangers sismiques les plus élevés se trouvent sur la côte du Pacifique et ils sont associés au mouvement qui fait glisser la plaque Juan de Fuca sous la plaque de l'Amérique du Nord. Quoique des dangers sismiques existent

dans la zone du Saint-Laurent, la probabilité que se produise un séisme de magnitude supérieure à 8 avec de fortes répercussions économiques et humaines est beaucoup plus faible et de plus, le milieu tectonique est moins bien connu, ce qui le rend moins susceptible de donner prise à des programmes scientifiques de diagnostic.

Les activités courantes en géodynamique à la CGC (environ 12 a.-p. et 1,4 million de dollars) se répartissent à raison de deux tiers en géodynamique globale et d'un tiers en géodynamique locale. Ce n'est qu'une partie des efforts consentis par le Canada dans ce domaine. Le Comité ne sait pas ce qui se fait en géodynamique aux Levés géodésiques et dans les universités. Cependant, au CGP il y a collaboration avec les Levés géodésiques; on refait le nivellement de l'île Vancouver à la recherche de données sur la déformation de la croûte. Le Groupe de la géodynamique de la DG a travaillé en collaboration étroite avec des scientifiques des Levés géodésiques et des universités de Toronto et de York à l'établissement du système canadien d'interférométrie à très longue base (ITLB).

La DG participe de façon importante, avec une approche de travail en équipe, à l'utilisation de l'ITLB pour mesurer des distances avec une très grande précision, à l'échelle continentale ou à une échelle régionale très étendue. Le programme est en développement depuis environ cinq ans et des progrès importants ont été faits dans les logiciels comme dans le matériel informatique.

Au CGP on s'occupe un peu de géodynamique (env. 1 a.-p.) et ces efforts sont bien orientés et coordonnés avec les travaux que ce Centre effectue en sismicité. De même, une petite équipe (approx. 3 a.-p.) de géodynamique locale, au sein du Groupe de la géodynamique de la DG, travaille en étroite collaboration avec les sismologues. Cependant cette répartition de ressources humaines limitées (et la même chose probablement pour les ressources financières) ne répond pas aux besoins nationaux qui sont plus grands sur la côte ouest (en ce qui regarde par exemple les dangers et risques sismiques).

Recommandations

Renforcer le programme de géodynamique de l'ouest canadien en mutant des spécialistes de l'est du Canada au CGP et en recrutant, chaque fois que c'est possible, de jeunes scientifiques.

Accroître les efforts dans les programmes de géodynamique locale par transfert d'une partie des ressources attribuées au programme de géodynamique globale.

Continuer à coordonner avec les Levés géodésiques du Canada et accroître les activités concernant les mesures des déformations de la croûte, en particulier sur la côte ouest mais aussi dans les zones à forte sismicité de l'est du pays.

Maintenir les recherches en ITLB de la DG et les travaux effectués en collaboration avec deux universités et les Levés géodésiques; centrer les principaux efforts de recherche en géodynamique globale sur l'ITLB.

Se retirer progressivement de la recherche en géodynamique optique (à l'exception peut-être des travaux de nivellement appliqués à l'étude de la détente post-glaciaire).

3.3 SISMOLOGIE DE LA CROUTE ET GÉOPHYSIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Question

Est-ce que les activités courantes de la CGC en sismologie et en électromagnétisme de la croûte répondent aux besoins nationaux?

Contexte

Partout dans le monde, les recherches en sismologie et en électromagnétisme de la croûte (en particulier le magnétotellurisme) sont reconnues pour les contributions qu'elles apportent à la connaissance de la formation des bassins sédimentaires et du cadre régional des structures tectoniques au sein desquelles reposent les gîtes minéraux. La CGC, grâce aux travaux de ses scientifiques répartis entre le CGA, le CGP et la DLBC, est maintenant reconnue au niveau international pour sa participation et sa contribution à ces études. Ces scientifiques ont défini les problèmes clés en tectonique, et, pour résoudre ces problèmes, se sont montrés très innovateurs dans l'utilisation d'une variété de méthodes géophysiques. Leur succès est dû, en partie, à une approche multidisciplinaire et à une collaboration efficace avec leurs homologues des universités et de l'industrie. Cela est particulièrement manifeste dans les programmes de recherches comme le programme Lithoprobe et le Programme géoscientifique des régions pionnières. Ces travaux ont permis de recueillir de l'information sur la croûte terrestre, à l'échelle régionale, dans diverses parties du Canada, et ont été largement reconnus et appuyés par l'industrie, les universités et les autres organismes du gouvernement. Il est bon de noter que ces programmes multidisciplinaires ont été mis sur pied avant la fusion de la CGC et de la DPG. Il est raisonnable de penser que leur succès est pour quelque chose dans l'accent que l'on met présentement sur les études multidisciplinaires à la CGC.

Grâce à Lithoprobe et au Programme géoscientifique des régions pionnières, le Canada s'est taillé une place de leader dans les études sur la croûte terrestre. Ces deux programmes ont été cités comme des modèles de recherche multidisciplinaire en sciences de la terre par plusieurs scientifiques étrangers. Quelques brefs exemples peuvent illustrer l'importance socio-économique de ces programmes de recherche. Sur la côte ouest, la structure actuelle et l'histoire tectonique de la zone de subduction Cascadia sont beaucoup mieux définies que celles de toute autre zone de subduction ailleurs dans le monde. Cela a conduit à une meilleure compréhension des dangers sismiques dans la région. Les données de sismique-

réflexion et de sismique-réfraction recueillies dans la région de Beaufort-Mackenzie, dans le nord-ouest du Canada, ont permis de définir la structure de la croûte, indiquant, entre autres aspects, que les structures dans les sédiments mésozoïques et plus récents peuvent être contrôlés par des éléments qui se trouvent dans la croûte cristalline du Protérozoïque. La sismique-réflexion, la sismique-réfraction et les autres données géophysiques obtenues aux environs de Terre-Neuve ont confirmé l'existence du milieu tectonique à décollement dans le nord de l'orogène appalachien et elles ont permis de découvrir qu'un certain nombre de grands demi-fossés sur les Grands Bancs s'étendent jusqu'à une grande profondeur. Les résultats obtenus dans l'Arctique et sur la côte est sont de toute première importance pour l'industrie pétrolière. Suite au très grand succès qu'a connu le programme préliminaire Lithoprobe (y compris les contributions de la CGC) dans la sous-province Abitibi du Bouclier canadien, l'industrie minière commence à saisir la valeur de ces études tectoniques régionales et à y porter beaucoup d'intérêt.

Recommandation

Selon le vieux dicton: «si ce n'est pas brisé, ne le répare pas», le Comité recommande que ces programmes soient maintenus à rien de moins qu'à leurs niveaux actuels.

3.4 GRAVITÉ

Question

Est-ce que le programme actuel de gravimétrie à la CGC est conforme au mandat de la CGC?

Contexte

La gravimétrie à la CGC se répartit en deux activités distinctes : 1) Le Programme national de cartographie gravimétrique, qui consiste en levés régionaux qui donnent les variations spatiales du champ; et 2) des mesures absolues à des emplacements déterminés et repérés, qui servent à l'étalonnage et à d'autres fins. Ces travaux se font à la Sous-division de l'aéromagnétisme, de la gravité et de la géodynamique de la DG.

1. Le Programme national de cartographie gravimétrique est fondé sur un quadrillage approximatif de 8 km et il s'agit d'un programme permanent. La majeure partie des données qu'il faut obtenir pour terminer la Carte des anomalies gravimétriques du Canada devront être recueillies avec l'appui logistique d'avions et d'hélicoptères. Presque tous les travaux sont affermés au secteur privé. Les cartes gravimétriques constituent des outils de reconnaissance très utiles en exploration géophysique, en particulier dans la recherche du pétrole mais aussi des minéraux. Elles forment une partie importante des études de la lithosphère que l'on utilise de plus en plus suite

à l'accent que l'on a mis récemment sur la modélisation de l'évolution tectonique qui est essentielle à la compréhension des structures comme les bassins et les zones de subduction.

2. Le réseau gravimétrique normalisé est compensé avec soin, maintenu et étalonné par des mesures gravimétriques absolues qui sont faites à l'aide du seul gravimètre absolu de la DG. Non seulement les mesures gravimétriques absolues permettent d'étalonner le réseau normalisé, mais elles peuvent servir à la surveillance des variations, dans le temps, du champ gravimétrique (utiles en ce qui touche les dangers sismiques comme il en existe sur la côte ouest) et aussi à la compensation des canevas géodésiques.

Les programmes de mesure paraissent être bien exécutés. Le seul problème porté à l'attention du Comité est le fait qu'à cause d'une situation historique, le budget des levés gravimétriques n'était pas complètement contrôlé par la DG, qui planifie et effectue les levés.

Dans la sous-division, la Section des applications s'est occupée du développement de méthodes d'analyse et de modélisation du champ des anomalies gravimétriques. La carte du gradient gravimétrique horizontal de l'Amérique du Nord récemment publiée (Sharpton et col.,1987) en est un bon exemple. On a exprimé la préoccupation qu'il n'y avait pas suffisamment de recherche de ce genre à confier aux membres de la section; cela nuit aux tentatives qui sont faites pour embaucher des scientifiques hautement qualifiés et motivés lorsque des postes deviennent vacants.

Recommandations

Le programme national de gravimétrie régionale doit se poursuivre au moins au niveau actuel des ressources, jusqu'à ce que la Carte des anomalies gravimétriques du Canada soit terminée. Compléter la base de données gravimétriques est une priorité nationale et cette tâche ne devrait pas être touchée par la mesure de réserve de 10 % (voir la Section 5.2).

Tous les postes budgétaires associés à ces levés régionaux devraient être regroupés au sein de la DG pour assurer une utilisation efficiente et efficace des ressources.

Le programme de gravimétrie absolue doit être maintenu pour assurer l'existence du réseau gravimétrique national.

Les membres de la Section des applications doivent continuer à demander qu'on leur soumette plus de problèmes d'ordre scientifique et qu'on leur permette d'agir comme collaborateurs de scientifiques oeuvrant dans d'autres divisions qui pourraient profiter de leur expertise.

Il faut améliorer l'accès à distance des installations informatiques du centre de données de la DG, afin d'obtenir une utilisation efficace en milieux éloignés.

3.5 PALÉOMAGNÉTISME

Question

Est-ce que les activités actuelles de la CGC en paléomagnétisme sont adéquates et rentables compte tenu des besoins actuels de la CGC?

Contexte

Les études en paléomagnétisme peuvent apporter de l'information critique sur la position qu'occupaient dans le passé les principales unités rocheuses et par conséquent sur les mouvements qui se sont produits depuis; ces études sont donc une composante importante des études en géotectonique. Pour être en mesure de profiter de ces contributions, des études disciplinaires doivent être faites concuremment sur le magnétisme des roches.

A la CGC, l'étude du paléomagnétisme se fait dans deux divisions, soit à la Section du paléomagnétisme de la DLBC, à Ottawa, et au sein du Groupe de paléomagnétisme de la Sous-division du CGP de la DGCP à Sidney, en C.-B. Le groupe d'Ottawa compte 9 a.-p. (5 RS, 2 PS et 2 TS) mais deux postes sont vacants. Les chercheurs sont cependant localisés à deux endroits différents, soit aux installations de la rue Booth et au laboratoire d'Anderson Road. le groupe du CGP est composé d'un RS et d'un PS et reçoit probablement un peu d'aide technique du Groupe des instruments et d'appui aux programmes. Le Comité a été impressionné par les progrès réalisés dans l'automatisation des mesures en paléomagnétisme au CGP. L'unique RS du CGP est près de la retraite et une certaine inquiétude se fait sentir au sujet de ce qui arrivera lorsqu'il ne sera plus là. A ce sujet, à plusieurs reprises à la CGC, on a mentionné le manque de diplômés en paléomagnétisme et par conséquent les difficultés d'embauche dans ce domaine.

Les scientifiques d'Ottawa poursuivent l'étude de problèmes dans les régions suivantes : l'est de l'Arctique, le nord-ouest du Groenland, le Labrador, le centre du Bouclier canadien, les monts Mackenzie et la partie canadienne des Appalaches. Les scientifiques du CGP se concentrent sur des études qui touchent la Cordillère canadienne, l'ouest de l'Arctique, quoiqu'ils aient oeuvré ailleurs aussi dans le cas de projets entrepris en collaboration. Le Comité est d'avis que la dimension de la masse continentale canadienne, et la gamme des problèmes à étudier peuvent justifier qu'à la CGC on fasse de la recherche en paléomagnétisme à deux endroits. Il est nécessaire cependant de procéder à une meilleure répartition des ressources humaines et financières entre les deux.

Il est à noter que le CGP possède l'un des géoscientifiques les plus distingués au pays, auquel on doit d'immenses contributions à la science du paléomagnétisme et à son utilisation en géotectonique. Le groupe d'Ottawa, malgré son importance numérique supérieure, n'a pas eu le même impact. Les scientifiques de ce groupe produisent de l'information de bonne qualité et paraissent publier régulièrement.

Cependant, toutes limitées que soient nos connaissances, nous classerions ce groupe sous la normale dans son domaine. Ce n'est pas un groupe scientifique fort au sein de la CGC.

Recommandations

Il faut conserver les deux laboratoires de paléomagnétisme qui sont situés l'un à la DLBC et l'autre au CGP. Cependant les deux laboratoires séparés qui se trouvent à la DLBC doivent être réunis et relogés sur la rue Booth où se trouvent des possibilités d'interactions privilégiées avec les géologues.

Il faut donner de l'expansion à l'équipe du CGP. Le Comité recommande que deux postes vacants en paléomagnétisme et un poste de soutien technique à Ottawa soient transférés au CGP.

Les progrès réalisés dans l'automatisation des mesures en paléomagnétisme au CGP doivent être implantés au laboratoire de la DLBC afin d'accroître l'efficience des travaux qui y sont effectués.

Le Comité recommande que, si on établit un laboratoire général d'étude des propriétés des roches (voir la Section 7.6), le Groupe de paléomagnétisme d'Ottawa en fasse partie.

La CGC doit s'attaquer au problème de l'embauche en paléomagnétisme en se donnant les moyens d'encourager les diplômés du premier cycle (voir la Section 5.4) et, chaque fois que c'est possible, en appuyant la recherche universitaire qui emploie des étudiants.

3.6 GÉOMAGNÉTISME

Question

Est-ce que le programme de géomagnétisme de la CGC répond aux besoins du Canada?

Contexte

Parmi les sciences de la terre, le géomagnétisme est unique en ce sens que son domaine s'étend de l'ensemble des zones concentriques au noyau de la planète jusqu'aux extrêmes limites de la magnétosphère. Les technologues en communications et en poursuite, les chercheurs en géophysique et dans les sciences spatiales, les navigateurs, les géophysiciens d'exploration, les géomètres et les services militaires ont tous besoin d'un programme national de géomagnétisme qui soit fort.

Le réseau canadien d'observatoires magnétiques fournit régulièrement des données qui sont utilisées par une centaine de sociétés d'exploration minérale.

L'exploitation des satellites canadiens dépend des rapports et prévisions sur l'activité magnétique. Les services canadiens d'électricité dépendent des prévisions quotidiennes de l'activité magnétique pour rééquilibrer leurs réseaux de transport. Les sociétés pétrolières utilisent les données magnétiques courantes pour les opérations de forage directionnel. Les services militaires canadiens ont besoin de données magnétiques récentes et les utilisent à plusieurs fins.

Le réseau géomagnétique canadien est reconnu comme un chaînon sûr et stable du réseau mondial. Il produit des données critiques qui servent au développement des champs de référence géomagnétiques internationaux (CRGI). Les CRGI sont des modèles du champ magnétique global que l'on utilise pour éliminer les variations régionales dans les données issues des levés d'exploration et de recherche et ainsi obtenir les anomalies magnétiques. Une réduction de l'acquisition continue de données magnétiques canadiennes rendrait ce champ de référence impropre à une utilisation au pays.

Les travaux continus qui se font dans les observatoires géomagnétiques fournissent de l'information sur la délinéation et la variation séculaire et assurent la capacité de desservir les utilisateurs mentionnés ci-dessus. Ces besoins ne pourraient être comblés par les modèles internationaux (les CRGI), qui seraient eux-mêmes sérieusement touchés si les données canadiennes, vitales en ce qui concerne les composantes régionales, n'étaient pas incluses.

Le Canada une responsabilité particulière à cause de la vaste superficie de son territoire et de la grande étendue de la zone aurorale, qui est importante pour l'étude des perturbations qui nuisent aux communications radio. La continuité est un aspect important de cette surveillance parce que quelques-unes des oscillations importantes du champ ont des périodes de plus de dix ans, et que les événements les plus dommageables pour les communications se produisent à plusieurs années d'intervalle. Seul un organisme public peut apporter la continuité et maintenir les normes qui sont nécessaires à de tels programmes.

Des données et prévisions opportunes résultent en une réduction des coûts pour les utilisateurs et en une amélioration des services pour leurs clients et le public. Par exemple, les entreprises d'électricité sont constamment exposées au risque de pannes de courant (comme celles qu'a subies récemment Hydro-Québec), accompagnées de coûts et de dangers pour le public et l'industrie. Les sociétés d'exploration réduisent leurs coûts du fait de n'avoir pas à refaire des levés insatisfaisants. Au cours des prochaines années, l'activité solaire va s'accroître et les problèmes liés à l'activité géomagnétique atteindront leur niveau maximal.

Le réseau canadien d'observatoires représentera une partie importante du programme INTERMAGNET qui est en élaboration et auquel participeront plusieurs pays qui s'échangeront, presque en temps réel, des données magnétiques par télémétrie à l'aide de satellites. En ce qui concerne le Canada, ce nouveau programme permettra de grandement rehausser les études touchant l'exploration de la croûte et du manteau supérieur, et sera d'une grande importance pour les études des phénomènes magnétosphériques et ionosphériques.

C'est en communications que l'application des données géomagnétiques a, économiquement, le plus d'impact. La U.S. Air Force diffuse régulièrement des prévisions qui sont largement utilisées en communications radio. Les prévisions à plus long terme des pointes dans les orages magnétiques ont eu un impact appréciable sur le coût des câbles à fibres optiques que l'on installe actuellement comme principales lignes de communication sur de grandes distances. Le principal facteur qui détermine le niveau de puissance de ces câbles, et par conséquent les installations nécessaires pour le maintenir, est le bruit parasite provenant des courants d'induction causés par les orages magnétiques. Le câble que l'on est en train d'installer de la côte ouest de l'Amérique du Nord jusqu'au Japon, au coût d'environ 500 millions de dollars, décrit un grand cercle qui passe par de hautes latitudes magnétiquement bruyantes. Ce bruit induit influe aussi sur la conception des lignes de transport d'électricité.

Les efforts actuellement consentis en ce domaine (13 observatoires, 16 a.-p. et 1,6 million de dollars) sont un minimum pour répondre aux besoins. La répartition des ressources, environ la moitié à l'exploitation, un quart à l'interprétation et le dernier quart à l'amélioration des instruments, semble appropriée. Le programme semble fonctionner avantageusement. Aucun problème ni aucune cause d'insatisfaction n'ont été portés à l'attention du Comité. Il ne semble pas y avoir de besoins d'accroître ou de réorienter les efforts. Des observatoires additionnels à l'appui de la recherche spatiale reçoivent une aide appropriée, venant en grande partie des États-Unis, mais il est dans l'intérêt du Canada de partager les données et de participer à leur interprétation.

D'une façon qui passe presque inaperçue pour la plupart des gens, le réseau canadien d'observatoires magnétiques apporte des contributions critiques qui s'adressent à un très vaste éventail d'utilisateurs. Le programme est vital pour le bien-être du pays de plusieurs façons.

Recommandations

1. Le niveau actuel des activités du programme de géomagnétisme doit être maintenu.

2. Le programme de géomagnétisme doit être exempté des dispositions de toute mesure générale de réserve (voir la Section 5.2).

3.7 GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE

Avant 1987, il y avait à la CGC une forte Division de la géophysique et de la géochimie des ressources, où se trouvait regroupée la majeure partie des géophysiciens qui s'occupaient de la cartographie aérienne et au sol des ressources minérales, des dépôts de surface et des recherches sur le pergélisol. (La DPG comportait aussi un groupe qui faisait de la recherche sur le pergélisol.)

La créativité de cette masse critique de géoscientifiques dans cette division a donné lieu à de nombreux progrès dans les domaines des instruments de géophysique, des technologies de terrain, du traitement et de la présentation des données. Nombre de ces innovations ont été incorporées dans les pratiques couramment utilisées sur le terrain par l'industrie canadienne de géophysique et, en vérité, par leurs collègues du monde entier.

La réorganisation de 1987 de la CGC a causé la dissolution de la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources et la dispersion du personnel dans quatre des nouvelles divisions qui ont été créées, soit la Division de la lithosphère et du Bouclier canadien, la Division de la géophysique, la Division de la science des terrains et la Division des ressources minérales. L'un des objectifs avoués de cette dispersion était de créer des groupes multidisciplinaires, unis par une même mission, plutôt que par la discipline. Malheureusement, comme nous l'avons vu, ce regroupement de disciplines disparates n'a pas toujours eu pour résultats une union fructueuse ou une collaboration productive entre spécialistes des sciences de la terre.

Nous allons maintenant examiner individuellement les différents aspects de la pratique de la géophysique appliquée au sein de la CGC.

3.7.1 LE SKYVAN

Question

Peut-on justifier que la CGC conserve le Skyvan, avion équipé pour la cartographie géophysique? Si oui, quels doivent être son rôle et sa fonction propre?

Contexte

L'avion Skyvan de la Sous-division de l'exploration géophysique est tout ce qui reste de ce que possédait la CGC pour effectuer des levés géophysiques aériens, depuis que le Queenair a été vendu. L'utilisation de cet avion exige cinq années-personnes et un budget annuel d'environ 450 000 $. L'avion a pour fonctions d'exécuter des levés géophysiques expérimentaux, de faire l'essai de nouveaux instruments ou de nouvelles méthodes géophysiques, et d'effectuer rapidement des travaux de surveillance nucléaire advenant l'émission de rayonnement dans l'atmosphère.

Cette dernière fonction se rattache à l'engagement d'EMR dans le cadre du Plan fédéral d'intervention en cas d'urgence nucléaire, administré par le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. En vertu de cet engagement, EMR doit fournir «les installations de télédétection capables de déceler le rayonnement et de fournir les images environnementales».

En conformité avec cet engagement, la Sous-division de la géophysique d'exploration «fournira les scientifiques, les techniciens et les appareils pour procéder aux levés requis pour localiser la contamination radioactive et analyser et interpréter les données des levés». L'avion Skyvan et son système de spectrométrie gamma, informatisé et de haute sensibilité, sont spécialement conçus à cette fin.

Recommandations

Il faut conserver le Skyvan pour les fins mentionnées. En particulier, le Comité appuie son utilisation pour la mise en valeur des ressources naturelles, surtout en ce qui regarde les minéraux et les eaux souterraines.

Sa panoplie d'instruments de géophysique doit être augmentée de façon à comprendre un gradiomètre magnétique vertical et peut-être un gravimètre aéroporté, à condition qu'on puisse trouver un endroit convenable pour l'installer. De plus il pourrait être bon d'y installer aussi un gravimètre aéroporté, avec plate-forme stabilisée et un système de navigation SPG pour des levés gravimétriques expérimentaux.

Il ne faut pas utiliser le Skyvan pour des levés systématiques de grande étendue (1 000 km carrés ou plus). Ce genre de levés de type production doit être affermé au secteur privé chaque fois que la compétence existe ou peut facilement être acquise par ce secteur.

Afin d'assurer une utilisation efficace du Skyvan comme instrument d'intervention rapide en cas d'incident nucléaire, pour cartographier la répartition de la contamination radioactive, il faut procéder à un exercice annuel sans avertissement et ainsi s'assurer que l'équipement et le personnel peuvent être mis rapidement sur un pied d'alerte advenant une telle urgence.

3.7.2 SECTION DE LA GÉOPHYSIQUE DE TERRAINS (Division de la science des terrains, DGST)

Question

L'organisation actuelle de la Section de la géophysique des terrains permet-elle une utilisation maximale des ressources de cette unité dans le cadre du mandat de la CGC?

Contexte

La Section de la géophysique des terrains est constituée d'un groupe de quatre scientifiques et de trois techniciens qui travaillent d'abord à des levés sismiques à haute résolution.

Cette petite section a été à l'avant-garde des progrès accomplis dans l'acquisition et le traitement de ces données. Les scientifiques ont été les premiers à élaborer une méthode simple et efficace de profilage de sismique-réflexion à l'aide de sismographes multicanaux. Son interaction avec l'industrie, d'autres organismes publics et les universités est solidement établie par voie de publications, de partage d'information et de conseils.

Avant la réorganisation de la CGC, cette section faisait partie de la Sous-division de la géophysique d'exploration. Dans la structure précédente, la section pouvait s'occuper d'une grande variété de problèmes d'ordre sismique en exploration minière et pétrolière de même qu'en géophysique de l'ingénieur. Les scientifiques faisaient aussi partie d'équipes multidisciplinaires qui débordaient des limites administratives de la division et de la direction.

Leurs superviseurs immédiats étaient des géophysiciens qui pouvaient comprendre l'importance de leurs travaux et ainsi défendre efficacement leurs programmes auprès de la division et de la direction.

Dans la présente structure organisationnelle, le DG de la Direction de la géophysique et de la science des terrains ne voit pas de lien utile entre la section et le Groupe du Quaternaire avec qui elle est regroupée au sein de la Division de la science des terrains. Il considère les levés sismiques trop coûteux, et par conséquent non réalistes, dans le contexte actuel. Il est d'avis qu'il serait plus approprié, pour ses besoins, d'affermer les travaux au secteur privé si nécessaire.

La majeure partie des travaux effectués à la Section de la géophysique des terrains ont eu plus d'importance pour des «clients» de l'extérieur de la Division de la science des terrains que pour ceux de l'intérieur. Ainsi des profils de sismique-réflexion à couverture multiple obtenus à partir de l'île de glace canadienne pour délimiter la stratigraphie sédimentaire sur le plateau continental arctique intéressait l'IGSP; des profils de sismique-réflexion obtenus dans les structures houillères du bassin Cumberland dans le cadre de l'entente sur l'exploitation minérale conclue avec la Nouvelle-Écosse présentaient de l'intérêt pour les géologues de la NSDME; le développement d'une technique de sismique-réflexion à haute résolution pour la cartographie du till basal à l'appui des travaux de prospection d'or basés sur les matériaux de transport glaciaires intéressait principalement l'Ontario Geological Survey.

Il apparaît donc évident au Comité que la Section de la géophysique des terrains est un organisme qui contribue de façon valable à la réalisation du mandat de la CGC mais qu'il est mal situé dans la présente organisation.

Recommandations

Le Comité recommande que la Section de la géophysique des terrains soit déplacée, avec son personnel et son budget, et incorporée à la Sous-division de la géophysique d'exploration de la DRM. Dans cette structure, les scientifiques pourraient interagir étroitement avec la Section des méthodes électriques dans la solution de problèmes qui touchent la mise en valeur des ressources naturelles (minéraux, charbon, hydrocarbures et eaux souterraines (voir aussi la Section 7.3).

3.7.3 GROUPE RADAR (Section de la recherche sur le pergélisol, Sous-division de la dynamique des terrains, Division de la science des terrains, DGST)

Question

L'organisation actuelle du Groupe radar est-elle propice à une utilisation maximale de ses ressources en vertu du mandat de la CGC?

Contexte

Le Groupe radar est constitué de cinq scientifiques et techniciens qui travaillent au développement et à l'utilisation de sondes radar en géologie superficielle à haute résolution. Cette technologie a été appliquée, en particulier, à des études régionales du pergélisol et à d'autres problèmes relatifs à la nature des sédiments non consolidés de la subsurface. Le Groupe a travaillé en étroite collaboration avec un partenaire industriel canadien (A-cube Inc.) au développement de logiciels et de matériel informatiques destinés au sondage radar et à l'interprétation de données concernant la géologie de la subsurface. Le Comité est d'avis que ce Groupe n'a pas été aussi bien utilisé, ni aussi bien appuyé qu'il aurait pu l'être et que sa technologie est susceptible d'une plus importante application en dehors de ses activités courantes.

Le Groupe semble souffrir des mêmes problèmes que l'on a observés à la Section de la géophysique des terrains, soit, en particulier, le manque d'intérêt de la direction générale pour les programmes multidisciplinaires où l'on pourrait utiliser cette technologie.

Recommandations

1. Le Groupe radar doit être transféré à la Sous-division de la géophysique d'exploration de la Division des ressources minérales pour être réunie au groupe de la sismologie de faible profondeur de la Section de la géophysique des terrains.

2. Les ressources techniques combinées de la Section de la géophysique des terrains et du Groupe radar doivent être utilisées dans des programmes multidisciplinaires relatifs au mandat de la CGC. On peut mentionner par exemple les études sur le pergélisol et les caractéristiques des fonds marins

dans l'Arctique, et les études géologiques de subsurface relatives au changement global.

3.7.4. SECTION DES MÉTHODES ÉLECTRIQUES (Sous-division de la géophysique d'exploration de la Division des ressources minérales, DLCT)

Question

Est-ce que la Section des méthodes électriques est un organisme utile à la CGC?

Contexte

Le chef de la Section des méthodes électriques possède un personnel de quatre années-personnes et compte aussi trois années-personnes au laboratoire des propriétés physiques des roches.

La section participe à des études au sol, à des levés exécutés à des sites d'essai et par contrat, et à l'étude des propriétés physiques des roches, mais ne semble pas avoir les fonds nécessaires pour mener à bien ce mandat.

Le chef de cette section n'a pas réussi à mettre sur pied de nouveaux programmes d'applications (levés sur le terrain ou instruments) depuis que le groupe a été réuni à la CGC il y a environ cinq ans. Il n'y a aucune raison de penser que la situation changera dans un avenir prochain. L'impression est forte, dans cette section, que l'on souffre d'un manque de direction, d'intérêt et de fonds. De plus, le Laboratoire des propriétés des roches semble travailler à des projets qui ont peu de parenté avec quelque programme multidisciplinaire que ce soit de la Division des ressources minérales.

Il est évident que cette section groupe des ressources techniques et humaines qui sont inadéquatement utilisées par la CGC.

Recommandations

Si on demande à la CGC de s'occuper de problèmes de «géosphère» associés au changement global (problèmes liés aux eaux souterraines et élimination de déchets toxiques), l'expertise de cette section pourrait être utilisée dans l'étude de ces problèmes et la recherche des solutions.

Si cela ne se produit pas, les ressources humaines et financières doivent être transférées à la DLBC. Les spécialistes des méthodes électriques doivent être intégrés à la Section du champ potentiel; le personnel du Laboratoire des propriétés des roches doit être réuni à celui de la Section du paléomagnétisme pour former le noyau du Laboratoire national des propriétés des roches (voir la Section 7.6).

3.7.5 SECTION DU DÉVELOPPEMENT DES INSTRUMENTS (Sous-division de la géophysique d'exploration, DRM)

Question

Peut-on justifier l'existence de la Section du développement des instruments de la Sous-division de la géophysique d'exploration de la DRM?

Contexte

Il existe un groupe de huit ingénieurs et techniciens qui se concentrent sur la mise au point d'instruments de géophysique destinés à l'exploration minérale. Les principales recherches, actuellement, semblent être centrées sur la diagraphie des trous de forage et le développement du système d'acquisition de données pour les levés aériens. De façon regrettable, ces recherches paraissent être effectuées sans interaction étroite avec l'industrie de sorte qu'elles pourraient bien faire double emploi avec des travaux peut-être déjà faits ou déjà entrepris par l'industrie, soit au Canada soit à l'étranger.

Le Comité est d'avis qu'actuellement, ces programmes de développement d'instruments ne sont pas nécessaires parce qu'ils sont disponibles ailleurs, ni justifiés compte tenu de la mission de la CGC.

Recommandations

Mettre fin le plus tôt possible aux programmes courants de mise au point d'instruments.

Les capacités de cette section en matière d'instruments doivent servir à l'entretien et à l'amélioration de l'équipement aéroporté du Skyvan et à l'entretien de l'équipement au sol de la Sous-division de la géophysique d'exploration.

Cette section doit établir et entretenir des liens plus étroits avec l'industrie canadienne en ce qui concerne le développement d'instruments scientifiques, et avec les universités pour ce qui est de la recherche de base. Elle pourrait servir de catalyseur dans la recherche du financement provenant d'autres organismes gouvernementaux à l'appui de la recherche dans l'industrie, par exemple par l'entremise du PARI. Les spécialistes pourraient collaborer avec l'industrie pour mettre à l'essai les nouveaux instruments géophysiques et ainsi déterminer leur efficacité dans des régions dont la géologie est connue.

3.8 SECTIONS DES INSTRUMENTS (Division de la géophysique)

Question

Peut-on justifier l'existence de deux Section des instruments indépendantes dans des sous-divisions distinctes de la Division de la géophysique?

Contexte

La valeur de la capacité de développement d'instruments a été démontrée dans la Section 2.1. Le besoin existe, en particulier, d'assurer la continuité de l'expertise en ce qui touche l'entretien, le développement et l'amélioration des réseaux sismographiques et géomagnétiques. Le besoin existe également de développer de nouveaux instruments qui répondent aux besoins des programmes scientifiques (par ex. des enregistreurs portables de sismique-réfraction, des magnétomètres de fond marin). Il existe aussi des besoins généraux en équipements dans le cadre des fonctions d'acquisition et de traitement de données (par ex. gravimètre à lecture absolue). Il faut aussi maintenir les connaissances à la fine pointe du progrès technique afin que l'on soit en mesure d'évaluer l'équipement provenant de l'extérieur. A la DG, deux sections s'occupent de l'équipement; la Section des instruments de géophysique de la Sous-division de la sismologie et du géomagnétisme et la Section des instruments de la Sous-division de l'aéromagnétisme, de la gravité et de la géodynamique. Le groupe le plus nombreux (23 a.-p.) se trouve à la Section des instruments de géophysique située au laboratoire d'Anderson Road, qui est séparé des locaux de l'Observatoire où se trouve le corps principal de la DG. Cet éloignement répond à des exigences d'ordre scientifique, soit d'être à l'abri des interférences électromagnétiques associées à une grande ville; il y a aussi une question de manque d'espace dans les locaux de l'Observatoire. Cette section a pour fonction de s'occuper du service et du développement des réseaux sismographiques et géomagnétiques nationaux et du réseau de Yellowknife qui sert à la détection d'explosions nucléaires, et de répondre aux besoins en équipement des autres divisions (par ex. la DLBC et la Sous-division du CGP) afin de leur permettre de réaliser de façon efficace leurs propres programmes. La section fait donc partie intégrante d'autres programmes qui relèvent du mandat de la CGC.

La Section des instruments, à la Sous-division de l'aéromagnétisme, de la gravité et de la géodynamique, est beaucoup plus petite (8 a.-p.); ses locaux sont situés place de l'Observatoire. Ses principales fonctions sont la maintenance de l'équipement nécessaire au programme de cartographie gravimétrique, l'étalonnage des instruments et les mesures gravimétriques absolues. La mise au point de l'ITLB est effectuée par la Section de la géodynamique, en collaboration avec des groupes universitaires et les Levés géodésiques du Canada. Les deux fonctions sont exécutées en étroite collaboration avec les scientifiques qui participent aux programmes.

Aucune de ces sections n'a exprimé des préoccupations sérieuses devant le Comité. Les deux semblent bien fonctionner à l'intérieur de leurs subdivisions respectives et fournir l'expertise nécessaire pour répondre aux besoins des différents programmes scientifiques. Quant à la Section des instruments géophysiques, elle aussi semble bien servir les autres divisions, mais pour maintenir ou améliorer cette nécessaire coopération, les directeurs (ou leurs délégués) devront garder à l'esprit les liens d'interdépendance qui existent entre les groupes et continuer à encourager la collaboration actuelle.

Recommandations

La Section des instruments géophysiques, à la Sous-division de la sismologie et du géomagnétisme, et la Section des instruments, à la Sous-division de l'aéromagnétisme, de la gravité et de la géodynamique, remplissent convenablement les fonctions qui leur sont dévolues et devraient être maintenues telles quelles.

Les activités de mise au point d'instruments qui se font à la Section de la géodynamique devraient être maintenues, et l'accent devrait être mis sur le développement du système ITLB dans la mesure où il est appliqué à l'étude des problèmes globaux et régionaux de géodynamique. Si des postes se libèrent ou s'ajoutent au sein de la Section, ils devraient être affectés à ce volet des activités de la Section (à condition que les activités gravimétriques ne soient pas compromises).

3.9 GÉOTHERMIE

Question

Quelles sont les perspectives d'avenir de la recherche en géothermie à la CGC?

Contexte

La Direction de la physique du Globe (DPG) comptait dans ses rangs une très solide équipe de recherche en géothermie (flux thermique), qui avait acquis une réputation internationale. Étant donné que l'énergie géothermique suscite de moins en moins d'intérêt et que son potentiel est limité au Canada, la fusion de la CGC avec la DPG a entraîné le démantèlement de l'équipe de recherche en géothermie. Dans ce contexte, les scientifiques participant à l'étude du flux thermique ont accompli de l'excellent travail et sont parvenus à conserver une assez bonne visibilité; ils n'en pensent pas moins que l'utilité de leur travail n'est pas appréciée à sa juste valeur et qu'ils travaillent dans l'isolement, éparpillés entre différents centres de recherche (CGP, Calgary, Ottawa) et différentes divisions (Science des terrains, DLBC, DCMP, IGSP). En dépit du peu d'intérêt suscité actuellement par l'énergie géothermique, on a de bonnes raisons de maintenir à la CGC un bon programme de recherches en géothermie : le régime géothermique a une influence déterminante sur les processus tectoniques, la formation des gîtes

minéraux, l'évolution des bassins et la formation des hydrocarbures. Dans l'Arctique, le pergélisol et ses implications géotechniques constituent des problèmes importants. Quelques-uns des programmes de recherches généraux dans ce domaine peuvent être et seront exécutés par les universités et, dans des cas particuliers, par l'industrie. Cependant, si la CGC veut conserver ou étendre son expertise en ce qui concerne la tectonique, la formation des gîtes minéraux, l'évolution de la croûte, l'évolution des bassins sédimentaires et le pergélisol, elle aura besoin d'une équipe de recherche dynamique en géothermie.

La CGC compte actuellement au moins un expert en géothermie dans chacune de ses divisions ayant besoin d'expertise dans ce domaine (sauf le Centre géoscientifique de l'Atlantique, mais les universités de la côte Est ont des experts parmi leur corps professoral). Il s'agit là d'une affectation minimale de ressources humaines. Pour contribuer à l'épanouissement de leur discipline scientifique, les spécialistes de la géothermie à la CGC ont mis sur pied un groupe informel dans lequel ils échangent informations et idées.

Recommandations

La recherche en géothermie devrait être poursuivie à la CGC, avec au moins les budgets actuels de ressources humaines et financières.

Le groupe informel devrait être appuyé dans ses efforts pour conserver et étendre l'expertise en géothermie.

3.10 MODELES TECTONIQUES

Question

Le travail actuellement accompli dans le domaine de la modélisation tectonique est-il suffisant pour répondre aux besoins de la CGC?

Contexte

De plus en plus puissants, les superordinateurs permettent aux géoscientifiques de vérifier leurs hypothèses à l'aide de modèles géophysiques. A la CGC, le Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA) s'est doté d'une expertise en modélisation géophysique, en étroite collaboration avec l'université Dalhousie. La qualité du travail accompli par ce groupe est reconnue par la communauté internationale et, à plusieurs égards, elle est exemplaire. La modélisation géophysique fait appel à toutes les disciplines des sciences de la Terre et nécessite en plus la participation de spécialistes des mathématiques appliquées et de physiciens. En outre, elle favorise l'établissement de bonnes relations de travail entre les géoscientifiques de la CGC et les établissements d'enseignement. Ses résultats ont eu des effets positifs sur l'acquisition des données. Ces échanges fonctionnent extrêmement bien au CGA.

Une grande partie de l'expertise acquise au CGA devrait être mise à profit par les autres divisions de la CGC, en particulier l'IGSP. Ce besoin a été reconnu à l'IGSP, où un chercheur scientifique (RS), qui doit quitter sous peu, a participé activement à l'élaboration des modèles de l'évolution des bassins. Le CGA a déjà élaboré des modèles de l'évolution des rifts et des marges passives, ainsi que des bassins intracontinentaux et sédimentaires d'avant-pays; actuellement, il étend son domaine de compétence aux zones de collision. Il n'est ni souhaitable ni faisable de rassembler en un autre lieu les compétences uniques du CGA, mais il devrait être permis aux autres divisions de mettre à profit cette expertise pour résoudre leurs problèmes.

Recommandations

Les travaux de modélisation tectonique devraient être poursuivis à la CGA, au niveau d'activité actuel et avec le personnel actuel.

Améliorer l'équipement informatique à haute capacité (voir aussi la Section 6.7).

4.0 QUESTIONS LIÉES A L'ORGANISATION

Le Comité a constaté que la plupart des problèmes soulevés au cours de ses discussions avec les employés de la CGC étaient liés à des changements organisationnels : la fusion de la Direction de la physique du Globe avec la CGC, suivie peu après de la réorganisation de la CGC.

Ces changements coup sur coup ont eu des répercussions sérieuses sur le moral d'un grand nombre de géophysiciens à l'emploi de la CGC. En outre, à moins que ne soient prises des mesures préventives, on risque de voir se dégrader le niveau d'expertise en géophysique de même que l'uniformité et la qualité des travaux géophysiques au sein de la CGC.

Nous verrons ci-dessous dans le détail chacun des problèmes ayant été relevés en rapport avec l'organisation actuelle de la CGC. Dans chaque cas, nous suggérerons des correctifs appropriés.

4.1 ORGANISATION STRUCTURÉE PAR MISSIONS OU PAR DISCIPLINES

Question

Pour ce qui est plus particulièrement du volet géophysique, la CGC devrait-elle être organisée selon les disciplines techniques ou selon les missions multidisciplinaires?

Cette question est indissociable de celle-ci : La communication formelle à l'intérieur d'une discipline donnée est-elle adéquate dans l'organisation actuelle de la CGC, qui est structurée selon le critère de la mission?

Contexte

Par le passé, la CGC fonctionnait à partir de projets lancés par des scientifiques, avec des budgets qui demeuraient stables sur de longues périodes. Le nombre de disciplines différentes mises à contribution dans un projet donné était très limité. Les résultats des projets se présentaient sous forme de cartes détaillées et, occasionnellement, de rapports. Les directeurs dirigeaient l'activité dans leurs domaines de compétence et, presque toujours, se suffisaient à eux-mêmes.

La Direction de la physique du Globe (DPG) avait pour tâches d'assurer le service des appareils d'enregistrement des observatoires, d'enregistrer des données destinées aux bases nationales de données géophysiques et de mettre au point des instruments géophysiques spécialisés. Les données étaient compilées et publiées en grandes quantités et dans des délais assez courts. La DPG produisait aussi des publications scientifiques et des documents de conférence.

La fusion de la DPG avec la CGC avait pour buts de «réduire le risque de double emploi dans les activités géophysiques, de renforcer les programmes scientifiques et de réaliser des économies d'échelle» (Geogram n° 4, avril 1986). En réunissant des géologues et des géophysiciens à l'intérieur de la même Direction, on comptait améliorer la collaboration à des projets multidisciplinaires, de façon à mettre la nouvelle technologie au service de l'étude de la masse continentale canadienne. Le budget de base A a effectivement diminué; on y a greffé plusieurs budgets «accessoires» à court terme, dont le plus important est alloué au Programme géoscientifique des régions pionnières. Ces budgets accessoires ont apporté des ressources humaines et financières à certains types de projets et exercé des pressions supplémentaires sur l'organisation de la CGC. Dans chaque projet, les résultats et les échéances devaient être précisés dès le départ. Les ressources humaines et financières étaient disponibles pour des périodes limitées et en quantités restreintes. Les budgets consentis ont permis d'acquérir des volumes considérables de données géophysiques.

Devant ces changements, la CGC a décidé fondamentalement de maintenir son mode de fonctionnement traditionnel. Le poids de la DPG dans le processus de gestion a diminué, à peine deux géophysiciens ayant été nommés à des postes de directeur, et un nommé «scientifique en chef». Celui-ci doit supporter un lourd fardeau administratif qui ne lui laisse pas le temps de contrôler l'activité scientifique proprement dite. La création de quatre postes de directeur général a ajouté un niveau hiérarchique. Des géophysiciens ont été affectés dans des divisions où travaillent surtout des géologues.

Bien que, durant leurs discussions avec le Comité, les directeurs de la DGCP et de l'IGSP aient mentionné comme prioritaire la nécessité d'augmenter le nombre de géophysiciens, quatre postes vacants au sein de ces divisions viennent d'être comblés par des géologues.

Le Comité de géophysique, tel qu'il est constitué actuellement, n'est pas un comité de géophysiciens et n'a pas les outils nécessaires pour assurer une communication technique à la grandeur de la CGC.

Depuis la création de divisions à caractère multidisciplinaire et thématique, dans lesquelles on a éparpillé des géophysiciens qui appartenaient auparavant à des groupes centralisés oeuvrant dans une seule discipline, il n'y a plus d'autorité technique centrale pour coordonner l'application de normes uniformes au matériel et au logiciel servant à l'acquisition, au traitement et à la gestion des données géophysiques. On risque donc de voir se dégrader la qualité technique de certaines activités géophysiques dans certaines régions géographiques. Se pose également le problème de la non-interchangeabilité du matériel ou du logiciel entre les équipes, qui entrave les échanges de personnel, d'équipement et de logiciel.

Dans certains cas, il convient de structurer l'organisation par disciplines, parce que la nature du problème est essentiellement unidisciplinaire. Par exemple, la prévision des variations du champ magnétique nécessite peu d'interaction avec d'autres disciplines scientifiques. Certains aspects de la sismologie des tremblements de terre, comme la topographie du noyau rocheux, sont de nature pûrement sismologique. Dans tous ces cas, une structure par disciplines convient parfaitement. Dans d'autres domaines, comme la prospection des minéraux ou des hydrocarbures ou l'évaluation des ressources, il faut de toute évidence mobiliser tout un éventail de disciplines. Dans des cas de ce genre, il conviendrait d'affecter à un projet des scientifiques de diverses disciplines.

La communication entre géophysiciens et géologues travaillant à un projet particulier varie de bonne à nulle, selon le groupe de scientifiques et les qualités personnelles du chef de projet; que les participants appartiennent à une ou plusieurs divisions importe peu. La communication entre géophysiciens exécutant des travaux analogues dans différentes divisions est, au mieux, erratique.

Plusieurs arguments plaident en faveur de la recherche en équipe. La plupart des problèmes auxquels s'intéressent les chercheurs de nos jours sont trop complexes pour être résolus par une seule personne. Lorsque des chercheurs travaillent en équipe, il se produit une symbiose telle que l'ensemble est plus productif que la somme des parties. Dans une équipe, les chercheurs novices retirent beaucoup de leur interaction avec des chercheurs expérimentés.

Lorsqu'on veut s'attaquer à des problèmes avec une approche souple et économique, il faut une organisation axée sur les problèmes, dans laquelle s'organisent des projets adaptés aux problèmes et aux possibilités identifiés. Par contre, si l'on veut développer une expertise, perpétuer les traditions et répondre aux aspirations de carrière des scientifiques et ingénieurs, une structure d'organisation axée sur les disciplines s'impose alors.

Les exigences de la gestion des projets multidisciplinaires et la nécessité de maintenir un haut degré de compétence scientifique dans un groupe de chercheurs

de diverses disciplines existent dans un grand nombre d'entreprises à vocation scientifique. Divers modes d'organisation ont été essayés avec plus ou moins de succès. En particulier, la société Boeing a adopté une approche qui lui sourit, que beaucoup d'entreprises dépendantes de la recherche scientifique utilisent et qui semble pouvoir être appliquée à la CGC.

A la société Boeing, les scientifiques travaillent à un projet la majeure partie de leur temps, sous la direction d'un chef de projet. Mais ils passent aussi un peu de temps à revoir leur travail avec des pairs et à se perfectionner dans leur propre discipline technique. Il est particulièrement important à la CGC, où beaucoup de scientifiques travaillent dans l'isolement, d'entretenir une communication et une interaction formelles entre chercheurs d'une même discipline de façon à maintenir la «masse critique» nécessaire à l'avancement de la science.

Recommandation

Il est recommandé d'établir un type d'organisation matricielle adapté aux besoins particuliers de la CGC (voir l'organigramme à la figure 2).

A cette fin, nous recommandons que le poste et le titre de géophysicien en chef soient rétablis, et que ses responsabilités soient redéfinies dans le sens indiqué ci-dessous. Cela implique la création d'un poste équivalent de géologue en chef. Ces deux postes seraient placés sous la responsabilité directe du SMA.

Le géophysicien en chef devrait avoir son mot à dire dans toutes les affectations, évaluations, promotions, mutations, etc. Pour exercer un pouvoir à la mesure de ses responsabilités, il approuverait tous les projets importants faisant appel à des géophysiciens.

Le géophysicien en chef devrait, de concert avec le DG concerné, nommer dans les divisions des géophysiciens qui feraient fonction de conseillers dans leurs disciplines respectives. Entre autres fonctions, les conseillers assureraient une communication intra-disciplinaire par des réunions personnelles avec des pairs, et prendraient part à des colloques, des réunions, etc. Ils contrôleraient la qualité de la science pratiquée dans leur domaine de spécialité et aideraient à établir des normes relatives aux instruments de même qu'à l'acquisition, au traitement, à l'analyse et à la présentation des données. Sur demande, ils participeraient à l'examen du rendement des employés et pourraient être appelés à servir de personnes ressources auprès du Comité de géophysique.

Le géophysicien en chef devrait, au moins une fois l'an, rencontrer chaque géophysicien pour faire le point sur le travail accompli. Le conseiller concerné serait présent à ces entrevues et, s'il y a lieu, des scientifiques de la même discipline travaillant dans d'autres divisions pourraient également y assister. Des experts de l'extérieur seraient préférablement invités à participer à ce processus d'examen.

Le conseiller devrait présider le Comité de géophysique du Secteur, où, de concert avec les directeurs généraux et les directeurs, il examinerait la planification de tous les programmes géophysiques importants. Ce comité mettrait à profit les connaissances des conseillers au besoin.

Note :

Les recommandations ci-dessus ont pour but d'atténuer certains des problèmes relevés dans l'organisation actuelle. Au cours des discussions que nous avons eues individuellement avec des scientifiques, il a été recommandé sous une forme ou sous une autre de créer à la CGC une Division de la géophysique plus forte et hiérarchisée. Ce type d'organisation fonctionnait bien à la Direction de la physique du Globe et pourrait être aussi efficace à la CGC. Le Comité estime toutefois que la fusion de la CGC et de la DPG aura pour effet de multiplier les projets multidisciplinaires, dans le meilleur intérêt des géophysiciens et des géologues qui y participeront. Il faudra améliorer la structure de la gestion de projets (Section 5.1), pour rendre encore plus efficaces ces projets multidisciplinaires. Nous reconnaissons la nécessité de réunir des masses critiques de scientifiques dans chaque discipline pour engendrer l'interaction stimulante qui s'impose. L'établissement d'une organisation de type matriciel, avec création d'un poste de géophysicien en chef et nomination de conseillers dans chaque discipline, qui auraient tous à remplir des fonctions de communication et de liaison, devrait répondre à ce besoin.

4.2 LA GÉOPHYSIQUE DANS QUATRE (SOUS-)DIVISIONS

Parmi les cinq centres de recherche où la CGC pratique ou envisage de pratiquer une activité géoscientifique importante à l'extérieur d'Ottawa, le Centre géoscientifique de l'Atlantique est le seul auquel les disciplines géophysiques ne posent pour ainsi dire pas de problème. Trois souffrent d'un manque aigu de personnel en géophysique; le cinquième est aux prises avec un arrangement administratif encombrant. Les problèmes observés sont examinés ci-dessous.

4.2.1 INSTITUT DE GÉOLOGIE SÉDIMENTAIRE ET PÉTROLIERE

Question

L'IGSP dispose-t-il en géophysique d'un effectif suffisant pour remplir son mandat?

Contexte

Les principaux objectifs de l'IGSP (selon le dépliant de la Division publié en 1982) sont de décrire la géologie continentale et marine des bassins sédimentaires de l'ouest et du nord du Canada, de faire progresser la discipline de la paléontologie, de maintenir une base de connaissances sur les ressources en charbon du Canada, et d'identifier et d'évaluer les ressources en pétrole et en gaz de l'ouest et du nord du Canada.

L'IGSP dispose d'un effectif total de 165 années-personnes, dont la moitié sont des scientifiques et d'autres professionnels, et a ses locaux dans la principale cité de l'industrie pétrolière au Canada, où la géophysique est un élément important de la plupart des programmes d'exploration. Aussi le Comité a-t-il été très surpris de constater que seulement trois employés ont une formation en géophysique. Au cours des entretiens qu'il a eus avec des géophysiciens et des géologues, cette étonnante disproportion a été qualifiée d'inappropriée. Malgré tout, les projets auxquels les géophysiciens ont participé ont été de très bonne qualité, et leurs résultats bien accueillis par l'industrie.

À travers le Programme géophysique des régions pionnières, l'ISPG a eu, et continuera probablement à avoir la responsabilité d'octroyer à l'industrie des centaines de milliers de dollars de contrats d'acquisition de données de sismique-réflexion multicanaux, et la responsabilité d'exécuter des programmes régionaux de sismique-réfraction, qui visent à mieux comprendre l'évolution structurale des bassins sédimentaires et le socle cristallin sous-jacent. En dépit de ces responsabilités, il n'y a pas à l'IGSP de sismologue familiarisé avec l'acquisition et le traitement des données de sismique-réflexion, ni de sismologue qui connaisse d'expérience les complexités du traitement et de l'interprétation des données de sismique-réfraction. En conséquence, l'IGSP a fait participer à ses projets des scientifiques du secteur universitaire et d'autres divisions de la CGC. Il devra probablement continuer à le faire, mais il aura aussi besoin d'une expertise interne.

L'IGSP a acquis ou a la possibilité d'acquérir des milliers de bandes de données de sismique-réflexion provenant de l'Arctique, moyennant le coût de l'entreposage. Ces bandes contiennent des dizaines de milliers de kilomètres de données sismiques utiles, dont les coûts d'acquisition se mesurent en centaines de millions de dollars. Il s'agit là d'une chance unique d'établir une base de données sans précédent, une chance qu'il ne faudrait pas laisser échapper. Or, l'IGSP n'a pas de géophysicien qualifié pour retraiter ces données et en tirer pleinement profit.

Dans le même ordre d'idées, la géophysique du champ potentiel peut jouer un rôle important dans l'exécution du mandat scientifique de l'IGSP; une partie des données à acquérir dans le cadre des programmes nationaux de cartographie gravimétrique et aéromagnétique se trouvent dans des régions qui intéressent les scientifiques de l'IGSP. Pourtant, pas un seul scientifique ne se livre à ce type de

recherches. Une collaboration, par exemple avec la Section des applications de la DG, s'imposera de toute évidence, mais là aussi l'IGSP devra se doter d'une expertise interne.

Bien que la haute direction ait qualifié de prioritaire l'embauche de géophysiciens à l'IGSP, le Comité a appris que les postes devenus vacants étaient comblés par des géologues de préférence à des géophysiciens. Il semble donc y avoir une contradiction entre l'intention avouée et le résultat obtenu.

Recommandations

Augmenter l'effectif de géophysiciens de l'IGSP à un niveau davantage proportionné aux besoins des programmes scientifiques de cette organisation. Les exigences suivantes sont considérées comme un minimum :

- 2 spécialistes de la sismique-réflexion, qualifiés et expérimentés en traitement et en interprétation de données de sismique-réflexion;

- un spécialiste du traitement et de l'interprétation des données de sismique-réfraction crustale; et

- un spécialiste du traitement et de l'interprétation des données sur le champ potentiel.

Une façon de combler partiellement ces besoins en personnel serait de muter un ou deux employés clés et, avec le temps, de remplacer par de tels spécialistes les employés qui partent à la retraite et qui travaillent dans des domaines où le besoin n'est pas aussi pressant. Même avec cet effectif supplémentaire, les exigences des programmes scientifiques rendront nécessaire le maintien d'une collaboration avec des spécialistes des autres divisions de la CGC et avec des chercheurs universitaires.

Saisir l'occasion qui s'offre de faire l'acquisition des données de sismique-réflexion multicanaux qui ont été recueillies dans l'Arctique et qui sont disponibles sur bande magnétique.

Note :

Nulle part dans les objectifs nationaux de la CGC, il n'est fait mention du désir de faire avancer la science paléontologique. Un détail aurait-il échappé au Comité?

4.2.2 SOUS-DIVISION DE LA CORDILLERE (DGCP - VANCOUVER)

Question

La Sous-division de la Cordillère a-t-elle une expertise suffisante en géophysique pour mener à bien ses programmes scientifiques?

Contexte

Le gros du travail de cette sous-division consiste à exécuter des programmes de cartographie géologique dans la Cordillère, à faire la synthèse des données tectoniques et à soutenir l'industrie minière locale. Aucun géophysicien n'était en poste au bureau de Vancouver au moment où nous sommes passés, mais le Comité a appris qu'un RS spécialisé dans les analyses du champ potentiel était en voie d'être muté à partir du Centre géoscientifique du Pacifique (CGP). Même si le bureau de Vancouver est associé administrativement au Centre géoscientifique du Pacifique, l'interaction des géophysiciens des deux unités dans l'étude des problèmes de la Cordillère a été minime jusqu'ici.

Même si ses études sur la Cordillère ont valu à juste titre à la Sous-division de la Cordillère la renommée internationale, le Comité est d'avis que les synthèses tectoniques et les travaux effectués à l'appui de l'industrie minière locale seraient améliorés par l'augmentation de l'effectif de géophysiciens, peut-être en comblant les postes laissés vacants par les gens qui partent à la retraite. Les disciplines qui sembleraient utiles à cet égard sont la sismologie crustale, les méthodes de mesure du champ potentiel, les études géothermiques et les études électromagnétiques.

Recommandation

Conformément aux objectifs avoués de la CGC en matière d'études multidisciplinaires et aux besoins scientifiques des programmes poursuivis au sein de la Sous-division de la Cordillère, le Comité recommande d'augmenter l'effectif de géophysiciens à un niveau proportionné aux besoins du groupe. Les postes suivants devraient être pris en considération :

- un spécialiste de la sismologie crustale avec une expertise soit en sismique-réfraction, soit en sismique-réflexion, soit dans les deux; et
- un scientifique spécialisé dans les études électromagnétiques crustales ou régionales; et
- un spécialiste de la géothermie.

4.2.3 SOUS-DIVISION DU CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DU PACIFIQUE (DGCP - SIDNEY)

Question

Il existe un grave problème d'organisation et de moral au CGP.

Contexte

La côte ouest du Canada offre une situation géologique exceptionnelle et une diversité de processus tectoniques allant de la création des plaques continentales

jusqu'à la subduction et à l'accrétion des terrains. L'étude des processus géologiques qui ont lieu près de la côte ouest ouvre des perspectives sociales et économiques considérables. Le Centre géoscientifique du Pacifique (CGP) est le principal organisme du Canada oeuvrant dans le domaine des géosciences marines sur la côte ouest; il est à l'ouest ce que le Centre géoscientifique de l'Atlantique est à l'est. A ce titre, une partie de son mandat consiste à exécuter des programmes géologiques et géophysiques nationaux en mer et le long du littoral. Le CGP englobe les installations de recherches en géophysique que la CGC possède sur la côte ouest, où sont exécutés certains programmes géophysiques d'importance nationale comme la surveillance des tremblements de terre dans l'ouest du Canada, les études géodynamiques, les contributions à la Carte gravimétrique du Canada et l'étude des ressources des fonds marins. Le CGP sert également de centre régional de recherches en géophysique, qui se voit confier certaines tâches spécialisées pour lesquelles il possède des compétences. Ces tâches consistent à exécuter, à coordonner ou à complémenter des recherches qui ont une certaine importance socio-économique; il peut s'agir, par exemple, de mener des études en géophysique crustale, comme des levés de sismique-réflexion et des études du flux de chaleur pour aider à déterminer l'évolution des bassins sédimentaires, d'exécuter des études paléomagnétiques pour aider à comprendre la cinématique à long terme de la Cordillère et son rôle dans la formation des gîtes minéraux, ou encore de définir des normes géophysiques.

Au CGP, un petit groupe de chercheurs dynamiques a acquis une réputation internationale par ses études sur la marge ouest de l'Amérique du Nord. Cependant, La structure administrative actuelle, héritée de la fusion de la DPG et de la CGC et de la réorganisation ultérieure, a eu des effets dévastateurs sur le moral du personnel au CGP. Ces effets se sont répercutés sur la qualité des activités scientifiques que l'on y poursuit. Au cours de ses entrevues, le Comité a été étonné du haut degré de mécontentement exprimé par les géophysiciens de la CGC, et c'est probablement au CGP que l'insatisfaction est la plus profonde. Il y a manifestement un problème qu'il faut attaquer de front.

Recommandations

Élever le CGP au rang de Division, avec son propre directeur. Par ce geste, la CGC reconnaîtrait la nécessité de maintenir un centre de recherches en géosciences marines sur la côte ouest du Canada, qui serait un complément logique du CGA de la côte est.

Il faudrait réaffecter au CGP des ressources prises dans d'autres divisions, de façon à rehausser (avec le temps) le rôle scientifique de ce groupe. De façon plus particulière :

. Un partie du personnel affecté à la sismicité devrait être mutée sur la côte ouest, où le risque sismique est plus élevé que dans l'est du Canada. A cet égard, le directeur du CGP devrait être davantage à l'écoute des besoins de ce programme national et rechercher une collaboration soutenue, dans tous les

domaines (finances, programmes scientifiques, aspects techniques et personnel), avec le directeur de la Division de la géophysique. Nous avons observé qu'aucune nomination n'a été faite récemment dans ce domaine au CGP; on serait en droit de demander pourquoi.

- On pourrait muter au CGP du personnel travaillant en géodynamique et dans des domaines connexes (comme la néotectonique) et du personnel exécutant des recherches appliquées sur les mouvements des plaques. (Voir aussi la Section 3.2 - Programme de géodynamique)

- Avec le temps, le groupe de la géophysique marine devrait être augmenté et doté des compétences nécessaires pour travailler dans l'ouest de l'océan Arctique, tout comme le CGA est équipé jusqu'à un certain point pour oeuvrer dans l'est de l'Arctique. Il faut adjoindre au seul sismologue spécialisé en sismique-réflexion, un employé spécialisé en sismologie marine et s'intéressant à la réfraction. Il y aurait lieu également d'augmenter le nombre de spécialistes de la sismique-réflexion; à noter que le CGA en a 3 ou 4. En muter un au CGP serait une solution à court terme. Une augmentation du nombre de spécialistes de la géophysique marine est également nécessaire, compte tenu des responsabilités de plus en plus importantes qui incombent au Canada en matière de gestion, de survillance et d'étude scientifique du milieu marin.

Il faut encourager une collaboration plus étroite entre le CGA et le CGP dans tous les domaines (aspects techniques, équipement, programmes scientifiques, personnel).

4.2.4 CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE QUÉBEC

Question

L'effectif de géophysiciens prévu pour le Centre géoscientifique de Québec est-il suffisant compte tenu de l'accent que met la CGC sur les projets multidisciplinaires?

Contexte

La Commission géologique du Canada (CGC) et l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) ont conclu une entente en 1988 pour établir conjointement un centre de recherches scientifiques appelé «Centre géoscientifique de Québec».

La Direction des minéraux et de la géologie du continent de la CGC affectera au Centre géoscientifique de Québec une équipe de 25 années-personnes qui sera principalement constituée de spécialistes scientifiques et de professionnels. Cette équipe sera formée d'employés permanents de la CGC et aura pour nom CGC-Québec. L'équipe de 25 personnes affectée par l'INRS, qui aura pour nom INRS-Géoressources, comprendra des employés de soutien administratif ainsi que des spécialistes scientifiques et des professionnels.

La nouvelle CGC veut mettre l'accent sur les projets multidisciplinaires dans lesquels on réunit des géophysiciens et des géologues pour s'attaquer à des problèmes et objectifs géoscientifiques communs. Or on semble avoir oublié cette nouvelle orientation lorsque le Centre géoscientifique de Québec a été mis sur pied, puisque rien n'a été prévu pour embaucher des géophysiciens. A sa troisième année d'existence, le CGQ, qui compte maintenant un effectif de 50 personnes constitué en majeure partie de géologues, devra compter sur des géophysiciens travaillant à Ottawa pour obtenir l'aide dont il a besoin dans le cadre de ses programmes de recherches.

La CGC mettra en oeuvre ses propres programmes de recherches scientifiques pour comprendre les origines et l'évolution des bassins sédimentaires et les processus de minéralisation qui y sont associés, élaborer des modèles géoscientifiques et, à plus long terme, produire des synthèses géologiques régionales pour certaines régions cibles, notamment l'est du Canada. Par ses programmes de recherches, qui complémenteront les programmes exécutés par les provinces et les territoires dans le cadre des diverses ententes sur l'exploitation minérale, la CGC-Québec mettra à disposition de l'information, des méthodes et des compétences concernant la géologie et la géochimie de la roche en place, des dépôts de surface et des minéralisations dans certaines régions cibles de l'est du Canada. INRS-Géoressources cherchera à mieux comprendre l'origine et l'évolution des bassins sédimentaires, ainsi qu'à en évaluer et maximiser le potentiel minéral et pétrolier.

La présence permanente de géophysiciens au Centre géoscientifique de Québec est essentielle à une bonne communication entre les chercheurs et à l'intégration des diverses disciplines. Cette mesure contribuera en outre à améliorer au Québec l'expertise géophysique, qui depuis une dizaine d'années est l'apanage des universités.

Recommandation

La proportion des géophysiciens dans l'effectif total du CGQ devrait être du même ordre que dans l'ensemble de la CGC, c'est-à-dire de 10 à 15 %.

4.3 AÉROMAGNÉTISME

Question

La responsabilité actuelle de la supervision du levé aéromagnétique du Canada est-elle optimale, compte tenu des relations existant avec des groupes partageant les mêmes intérêts et avec les clients industriels?

Les ressources humaines ayant des compétences particulières dans le domaine des levés aéromagnétiques sont-elles utilisées de façon optimale à cette fin?

Contexte

La Division de la géophysique d'exploration de la CGC a été créée au début des années 50, principalement pour réaliser un levé aéromagnétique systématique du Canada. Les résultats de ce programme ont été très utiles à l'industrie minière en particulier, en aidant à comprendre la géologie des terrains recouverts de matériaux de charriage et, dans bien des cas, à circonscrire les milieux géologiques favorables à la formation de gîtes minéraux.

En plus de fixer des normes pour la supervision des programmes aéromagnétiques financés conjointement par le gouvernement fédéral et les provinces, le personnel de la Division de la géophysique d'exploration (intégrée en 1972 à la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources) a contribué à mettre au point de nouveaux instruments aéromagnétiques (par exemple un magnétomètre à autorientation et à pompage optique et un gradiomètre magnétique vertical).

Les normes de levés aéromagnétiques élaborées par la CGC ont été adoptées par de nombreux pays.

Par suite de la réorganisation de mai 1987, la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources (DGGR) a été démantelée, et son personnel et ses installations répartis entre les diverses divisions de la nouvelle CGC. On a vendu le Queenair, avion équipé pour des levés aéromagnétiques, de même que son équipement, et dispersé l'équipe en charge des instruments aéromagnétiques.

Le programme aéromagnétique et la majeure partie du personnel qui y était affecté ont été transférés à la Division de la géophysique de la Direction des levés géophysiques, des risques et de la science des terrains.

La Division de la géophysique s'occupe principalement de sismicité, de géomagnétisme, de gravimétrie et de géodynamique de la croûte terrestre. Elle a conservé un grand nombre de fonctions essentielles de l'ancienne Direction de la physique du Globe, qui a été intégrée à la CGC. Seule la Division de la géophysique a des contacts avec l'industrie minière, qui est le principal client externe du programme aéromagnétique et qui bénéficie, à un moindre degré, du programme gravimétrique.

Les principaux clients internes du programme aéromagnétique sont la Direction des minéraux et de la géologie du continent et la Direction de la géologie sédimentaire et marine.

La Sous-divison de la géophysique d'exploration de la Division des ressources minérales dispose d'un aéronef, le Skyvan, et d'un personnel qui se consacre à des levés expérimentaux (axés sur la recherche); elle compte une section de la R et D sur les instruments, dont une partie du travail consiste à mettre au point des instruments aéroportés, et a des contacts étroits avec des géologues qui font de l'exploration minérale. De toute évidence, elle a de meilleurs contacts avec

l'industrie minière et connaît mieux cette industrie que la Division de la géophysique. Dans une organisation à structure thématique, il serait peut-être plus logique de placer la section des levés aéromagnétiques dans la Sous-division de la géophysique d'exploration de la Direction des minéraux et de la géologie du continent, plutôt que dans la Direction des levés géophysiques, des risques et de la science des terrains.

Par ailleurs, on pourrait estimer plus logique de laisser à la Division de la géophysique la responsabilité d'affermer les levés aéromagnétiques et d'incorporer les données obtenues, en même temps que les résultats des levés gravimétriques, à la base nationale de données géologiques.

Recommandations

Laisser à la Division de la géophysique la responsabilité de l'affermage des levés aéromagnétiques, de même que la responsabilité du traitement et de la présentation des données issues de ces levés. La DG conservera ainsi la responsabilité de l'incorporation des données aéromagnétiques à la base nationale de données géologiques.

S'employer activement à favoriser une bonne communication technique entre les employés participant à l'analyse et à l'interprétation des données magnétiques et leurs homologues de toutes les autres divisions, par exemple la Sous-division de la géophysique d'exploration de la Division des ressources minérales, de manière à améliorer l'interrelation des géoscientifiques qui partagent des intérêts dans le domaine de la mise en valeur des ressources naturelles.

Cette mesure permettra en outre d'améliorer la communication avec les clients des industries des ressources naturelles, en particulier l'industrie de l'exploration minière.

Les budgets alloués à la réalisation du levé aéromagnétique régional du Canada devraient être administrés par la Division de la géophysique.

4.4 ÉQUIPEMENTS GÉOPHYSIQUES A UTILISATEURS MULTIPLES

Question

Les principales pièces de l'équipement géophysique de la CGC sont-elles généralement accessibles à toutes les divisions et utilisées par elles?

Contexte

Les principales pièces de l'équipement géophysique de la CGC, comme le Skyvan, les sismographes à réfraction portables, les stations d'enregistrement électromagnétiques, l'ordinateur Convex, etc., sont ou pourraient être utilisées par deux ou plusieurs divisions. Le fait que le contrôle de cet équipement soit

centralisé au sein de la division où travaillent les utilisateurs limite ou est perçu comme limitant la disponibilité du matériel.

Le Skyvan n'a été employé jusqu'à présent que pour un petit nombre d'applications possibles de la télédétection. Rien n'a été fait pour en étendre l'utilisation à d'autres applications.

Certains géophysiciens ont l'impression que certaines pièces de l'équipement géophysique, comme le nouveau système d'enregistrement électromagnétique, ne leur sont pas aussi accessibles qu'aux géophysiciens travaillant à la division propriétaire.

Certains équipements importants de levé marin, qui se trouvent au CGA ou au CGP, pourraient être partagés d'une manière équitable.

Une division a acheté un mini-superordinateur Convex sans consulter les utilisateurs possibles des autres divisions. Or cette machine risque d'être incompatible avec les logiciels utilisés dans ces divisions et, par conséquent, de ne pas être utilisée de façon optimale.

D'autres exemples similaires ont été relevés.

Recommandation

Pour faire en sorte que les principaux équipements géophysiques soient également accessibles à tous les géophysiciens et utilisés de façon optimale dans la plupart des projets importants, le géophysicien en chef, après consultation de tous les géophysiciens intéressés, devrait approuver l'achat de tous les équipements géophysiques majeurs et, chaque année, établir un calendrier d'utilisation.

5.0 PROBLEMES DE GESTION

Introduction

Les changements organisationnels découlant de la fusion de la CGC avec la Direction de la physique du Globe et la nouvelle orientation vers les projets multidisciplinaires ont eu des répercussions sur le processus de gestion à tous les niveaux. La nécessité de coordonner des projets faisant appel à des disciplines plus nombreuses, d'entretenir une communication efficace, un contrôle adéquat et la motivation des employés, et de faire en sorte que les projets soient réalisés dans les délais impartis a imposé de nouvelles exigences aux gestionnaires. Dans certains secteurs, on a bien répondu à l'appel; dans d'autres, comme nous le verrons ci-dessous, les résultats sont moins bons.

Le Comité a identifié un certain nombre de problèmes posés par les pratiques de gestion actuelles de la CGC. Ces problèmes sont exposés ci-dessous, en même temps que les mesures correctrices recommandées par le Comité.

5.1 GESTION DES PROJETS MAJEURS

Questions

a. Les projets majeurs de la CGC doivent être encadrés par une structure de gestion appropriée.

b. Les projets majeurs auxquels participent deux ou plusieurs divisions ne sont pas gérés de façon efficace.

Contexte

La CGC entreprend actuellement certains projets multidisciplinaires qui exigent parfois une contribution et une participation de deux ou plusieurs divisions ou directions. Dans certains cas, chaque groupe fournissant du personnel et de l'équipement exécute sa partie de projet sans consulter les autres groupes notamment en ce qui concerne l'échéancier, le traitement des données et le support de présentation des données.

Les projets multidisciplinaires qui fonctionnent bien à la CGC sont généralement proposés par un petit groupe de chercheurs et portent sur un sujet limité. Les projets majeurs auxquels participent plusieurs divisions, comme le projet DNAG et le programme de l'île de glace, souffrent d'une gestion déficiente. Considérés à la CGC comme des entreprises importantes, ces projets se sont révélés incompatibles avec le style de gestion traditionnel de la CGC, dans lequel les projets sont proposés par les chercheurs et approuvés par les directeurs. Souvent les directions n'ont pas entièrement collaboré, et le chef de projet n'a jamais eu l'autorité voulue pour obtenir l'équipement et le personnel nécessaires.

Des problèmes semblent être causés par un manque de contrôle et de suivi des projets, qui est particulièrement évident à l'étape de la publication. Il est arrivé que l'on finance certains projets en prévoyant d'en intégrer les résultats avec d'autres projets l'année suivante, et que trois ans plus tard, la mise en commun des résultats ne se soit toujours pas faite et que certains résultats se soient complètement envolés en fumée. Dans la plupart des cas, les tâches à accomplir ou les méthodes d'étude et les échéanciers n'ont pas été déterminés, de sorte qu'au bout du compte, le projet demeure indéfini et il est difficile d'en suivre l'évolution.

Apparemment, on ne prend pas soin d'établir, au début d'un projet, une structure de gestion de projet dans laquelle un chef de projet a l'entière responsabilité de l'exécution de tous les aspects du projet, en se chargeant de synthétiser et de présenter toutes les données dans un rapport final, suivant un échéancier prédéterminé. Dans les faits, on ne prend pas soin d'adjoindre au chef de projet des collaborateurs qui travailleront avec lui à l'exécution du projet et à la présentation des rapports.

Dans certains cas, des problèmes surgissent parce que la perspective d'un travail en équipe suscite dès le début du projet une réaction négative qui élimine toute communication efficace au sujet des données et de leur publication.

Dans bien des cas, la planification des projets a été désordonnée, et la communication entre les participants, pauvre. Les résultats ont été lents à venir, et de qualité variable.

Recommandations

L'établissement d'une structure de gestion de projet devrait devenir pratique courante à la CGC. Pour chaque projet, il faudrait établir clairement des objectifs, un échéancier et des repères permettant de mesurer l'avancement du projet. La durée des projets devrait se mesurer à l'échelle de la vie humaine, plutôt qu'à l'échelle des temps géologiques.

Dans le cas des projets multidisciplinaires, peu importe le nombre de divisions participantes, il faut établir une structure appropriée de gestion de projet, avec un chef de projet responsable de l'ensemble du projet, une hiérarchie et une responsabilité clairement définies, des objectifs clairement énoncés en termes de budget, de temps et de contenu technique, des repères appropriés et une méthode d'évaluation prédéterminée qui fasse en sorte que ces objectifs soient respectés. Des descriptions de tâches devraient être écrites pour chaque participant au projet.

Dans les projets majeurs faisant intervenir plusieurs disciplines ou plusieurs divisions, il faudrait nommer un chef de projet et l'investir clairement d'un pouvoir de supervision. Un plan de projet et, au besoin, un plan annuel devraient être élaborés et soumis à l'approbation de la direction de la CGC. Ce plan décrira en détail les objectifs du projet, indiquera les coûts des divers éléments et, en particulier, contiendra une liste détaillée des équipements et des ressources humaines nécessaires. Il faudrait établir un organigramme montrant la répartition dans le temps des divers éléments du projet, de même qu'une description de l'emploi du temps des scientifiques, comprenant les réunions de planification, le travail sur le terrain, la réduction et l'analyse des données, ainsi que la production du rapport final.

Les ressources requises devraient être fournies par les divisions participant au projet, et les directeurs devraient aider le chef de projet à s'assurer que le personnel et l'équipement sont disponibles au moment où on en a besoin, et que l'analyse des données, l'interprétation des données et la production du rapport final sont exécutées dans les délais impartis. Tout le personnel affecté au projet devrait relever du chef de projet, pour la partie du travail consacrée au projet.

Les directeurs généraux devraient se faire un devoir de faire le point régulièrement sur l'avancement de chaque projet, pour s'assurer que les buts fixés sont effectivement atteints.

5.2 BUDGETS DES RESSOURCES FINANCIERES ET HUMAINES

Question

Exception faite des changements associés aux budgets «accessoires», la CGC a une politique budgétaire rigide qui ne permet pas de modifier des programmes et des objectifs en fonction des changements de priorité à l'échelle nationale.

Contexte

La politique budgétaire de la CGC est illustrée par le Plan à long terme, Affectations de ressources totales, pour la période de 1987/88 à 1991/92, dans lequel, exception faite des changements associés à des programmes de dépenses accessoires, les budgets des ressources financières et humaines sont absolument statiques au cours de cette période. On reconnaît qu'il s'agit là d'un document de planification et que des changements pourraient être apportés à la répartition des ressources. Cependant, compte tenu des tentatives qui ont été faites par le passé pour réaffecter des budgets, et compte tenu aussi de l'«esprit de forteresse» qui existe au sein des diverses divisions, une réaffectation significative est peu vraisemblable sous le régime actuel.

> «Nous savons par expérience qu'il faut probablement entre 2 et 5 ans, selon les circonstances, pour adapter la mécanique (scientifique) aux changements qui surviennent dans les facteurs externes et les besoins des clients.» (Rapport interne de la CGC)

La rigidité de la répartition des budgets des ressources humaines et financières ne répond pas aux besoins des projets multidisciplinaires et très coûteux qui sont exécutés dans un court laps de temps. On admet cependant qu'une certaine stabilité dans le budget de base A est nécessaire à la continuité des ressources humaines et à la planification des installations. L'importance de plus en plus grande accordée aux projets multidisciplinaires nécessite beaucoup plus de souplesse.

Les tentatives de virement budgétaire entre divisions ont eu un succès limité. Par exemple, les budgets des ressources humaines et financières affectés au Programme géoscientifique des régions pionnières (PGRP) ont été établis d'après les niveaux d'activité des diverses divisions qui existaient au début du programme. Les montants d'argent alloués ont été modifiés au cours des quatre premières années du PGRP, les budgets d'années-personnes non. Même si des ressources financières ont été transférées de la côte est à la côte ouest, le nombre d'années-personnes actuellement allouées au PGRP ne reflète pas le niveau actuel de l'activité consacrée au PGRP dans chaque division.

Les budgets des programmes gravimétrique et aéromagnétique nationaux sont actuellement répartis entre les divisions, parce que c'est ainsi que l'on a toujours procédé. Cette façon de procéder crée des interférences dans les programmes nationaux, parfois avec des répercussions néfastes.

Recommandation

S'il n'est pas possible de mettre en place un régime budgétaire plus flexible, nous recommandons la mise en oeuvre d'un régime de réaffectation arbitraire, qui pourrait consister en ceci :

Chaque année, 10 % du budget des ressources humaines et financières de chaque division sera «réservé» pour éventuellement être réaffecté à d'autres projets ou divisions.

Notes :

Les années-personnes réaffectées seraient prises à même les postes libérés par l'attrition et les mutations, peut-être en proportions égales. La réaffectation serait effectuée par le Comité de direction, composé du SMA, des DG et des directeurs. Elle libérerait des ressources humaines et financières pour de nouvelles initiatives, des programmes d'urgence, des imprévus ou la bonification des projets en cours; bien entendu, elle permettrait de réduire progressivement la taille des projets moins prioritaires ou des projets qui entrent dans leur dernière phase.

Certains programmes nationaux, comme les réseaux de sismographes et d'observatoires géomagnétiques ainsi que les programmes nationaux de cartographie aéromagnétique et gravimétrique, devraient être exemptés de cette obligation de «réserver» des ressources.

5.3 UTILISATION EFFICACE DES RESSOURCES

Question

Il n'existe ni répertoire ni mode de partage des ressources humaines et matérielles de la CGC permettant à un employé de la CGC de savoir à qui il doit s'adresser pour obtenir de l'aide, en cas de besoin, dans un projet donné.

Contexte

La CGC est une organisation vaste et diversifiée dont les divisions sont éparpillées à la grandeur du pays. Elle compte dans ses rangs des centres de compétence (ressources humaines et matérielles) dans des domaines techniques spécialisés. On devrait pouvoir faire appel à ces centres de compétence chaque fois qu'on en a besoin au Canada, peu importe le temps ou le lieu, pour utiliser leurs ressources de façon optimale.

Que le personnel et l'équipement appartenant à une division puissent être mis au service d'une autre division pour l'exécution d'un projet donné, cela ne semble pas faire partie des moeurs de la CGC. Ces ressources sont généralement conservées jalousement par la division qui en est le propriétaire.

Recommandations

Établir une politique d'utilisation maximale des ressources humaines et matérielles au sein de la CGC, en favorisant la mobilité de ces ressources pour l'exécution d'un projet ou selon les besoins.

Il faudrait encourager les DG, les directeurs et les chefs de sous-division à emprunter ou à prêter du personnel et de l'équipement, de façon à en faire un meilleur usage à la CGC, pour éviter le dédoublement des ressources rares et spécialisées et pour améliorer la communication, l'esprit d'équipe et les normes techniques.

Dans le cadre des activités de communication technique générale, le géophysicien en chef devrait dresser une liste détaillée des ressources humaines (avec leurs domaines de compétence) et des ressources matérielles en géophysique, et la diffuser à tous les employés de la CGC. De cette façon, chaque scientifique de la CGC serait au courant des ressources auxquelles il peut avoir recours en cas de besoin, que ce soit pour un projet particulier ou simplement pour son information.

5.4 EMBAUCHE DU PERSONNEL

Question

Comment la CGC peut-elle obtenir les services des meilleurs scientifiques alors qu'il manque des chercheurs de cette qualité, en particulier au Canada?

Contexte

Pour maintenir des normes techniques élevées, la CGC doit pouvoir remplacer les employés qui partent à la retraite ou quittent pour d'autres raisons par de jeunes scientifiques très qualifiés et bien armés pour relever les défis de demain. Or la plupart des gestionnaires consultés ont attiré notre attention sur l'indigence de géophysiciens ayant fait leurs études de doctorat dans des universités canadiennes, en particulier dans certaines disciplines. Selon Ghent (1988), sur un total de 102 personnes ayant obtenu un Ph.D en sciences de la terre en 1986/87, à peine 7 avaient une spécialité en géophysique. Au niveau de la maîtrise, le rapport était de 28 sur 272, au niveau du baccalauréat, de 98 sur 826. De toute évidence, il n'y a pas suffisamment de diplômés en géophysique et, du même coup, de Ph.D qualifiés. Sur la scène internationale, les universités et les organismes gouvernementaux peuvent s'attendre à une forte concurrence pour l'obtention de jeunes géophysiciens de qualité.

La CGC (y compris l'ancienne DPG) a été en mesure jusqu'à maintenant de retenir les services d'un grand nombre de jeunes scientifiques très qualifiés, grâce à sa réputation et aux possibilités qu'elle offre de poursuivre sans trop d'interférence des recherches utiles (et conformes au mandat de la CGC). Récemment, en un certain nombre d'occasions, la CGC a dû embaucher des étrangers faute de Canadiens qualifiés. Elle devra probablement continuer à embaucher des Canadiens et des non-Canadiens, mais elle devra en même temps se montrer davantage proactive, en encourageant les études supérieures en géophysique dans les universités canadiennes.

Tout en admettant que la collaboration entre la CGC et les universités est très bonne, le Comité estime néanmoins qu'une amélioration de la communication et de la coopération avec les départements des universités canadiennes qui offrent des programmes d'études du premier cycle en géophysique rapporterait des fruits à la CGC à long terme. Dans certains cas, il suffirait peut-être de promouvoir l'aide actuellement accordée. Des conférences données par des employés de la CGC, une collaboration accrue et clairement connue des étudiants, et d'autres activités semblables contribueraient à faire mieux connaître chez les étudiants les programmes et possibilités qui existent en géophysique à la CGC. La perpective de se livrer à des recherches passionnantes et d'en publier les résultats à la CGC est clairement de nature à attirer la crème des scientifiques. Le programme actuel des Bourses de séjour dans les laboratoires du gouvernement, administré par le CRSNG, est excellent à cet égard.

Recommandations

La CGC devrait devenir plus proactive dans le développement des compétences canadiennes au niveau du doctorat, en particulier dans les disciplines où il manque de candidats qualifiés. Cela pourrait se faire par la mise en oeuvre d'un programme d'aide tel que le programme de bourses de doctorat dans les universités canadiennes, dans lequel des bourses sont accordées à des étudiants inscrits au doctorat (choisis par voie de concours) pour les encourager à étudier dans des domaines critiques de la recherche et leur assurer un poste après l'obtention de leur diplôme (en attendant que leurs résultats aient été évalués par des pairs).

La CGC devrait étendre ses programmes de subventions de recherche en géophysique, en attachant une importance particulière aux domaines où il perçoit un réel besoin; l'existence de ces subventions devrait être plus largement connue, de façon à ce que les étudiants sachent que la CGC supporte la recherche. Pour cela, la CGC aurait besoin de la collaboration des membres des facultés.

La CGC devrait au moins maintenir, et si possible améliorer, son programme des Bourses de séjour dans les laboratoires du gouvernement.

Les géophysiciens de la CGC qui ont un talent d'orateur et s'intéressent à des sujets excitants devraient régulièrement donner des conférences dans les

départements universitaires des sciences de la terre, en particulier devant des groupes d'étudiants du premier cycle, afin de faire valoir les défis et les possibilités qui s'offrent à la CGC, et aussi de prononcer des conférences davantage axées sur la recherche devant des classes d'étudiants avancées et les membres des facultés, comme cela se fait fréquemment.

La CGC devrait maintenir et renforcer sa présence dans les conférences internationales, par des présentations appropriées, afin que les jeunes scientifiques étrangers demeurent au courant de la qualité de la recherche qui se fait en géophysique et des possibilités d'emploi offertes par la CGC.

5.5 EXAMEN DU RENDEMENT ET AVANCEMENT

Question

Critères d'avancement du personnel.

Contexte

Les examens de rendement et les critères d'avancement des géophysiciens sont généralement, dans la plupart des divisions, la responsabilité de géologues qui occupent des postes de gestion. Il y a lieu de s'interroger sur la capacité de ces gestionnaires à juger convenablement du rendement de leurs subalternes géophysiciens. En outre, la pratique courante à la CGC qui consiste à mesurer le rendement d'un scientifique au nombre de publications est jugée inéquitable pour certaines personnes dont le travail ne débouche pas normalement sur des publications.

Le USGS a récemment établi, pour l'évaluation du rendement, des critères autres que la quantité de publications. Il cherche à tenir compte des services rendus à l'organisme ou à la communauté scientifique.

Recommandations

La CGC devrait revoir ses critères d'avancement actuels pour s'assurer qu'ils tiennent compte suffisamment de toutes les facettes de l'activité professionnelle, y compris celles qui normalement ne débouchent pas sur des publications.

Si le superviseur d'un géophysicien donné n'est pas un expert dans le domaine de spécialité de ce dernier et qu'il se trouve de ce fait inapte à évaluer convenablement les aspects techniques de son travail, il devrait demander l'aide du «consultant» pour cette partie de l'examen du rendement. Le géophysicien en chef devrait participer à l'examen de rendement de tout le personnel des géophysiciens.

5.6 FORMATION EN GESTION

Question

Les scientifiques de la CGC sont peu disposés à remplir des fonctions de chef de projet, de superviseur et de gestionnaire.

Contexte

Un certain nombre de scientifiques ont mentionné qu'il est difficile de former des superviseurs et des gestionnaires qualifiés à même les effectifs de la CGC. La plupart des scientifiques préfèrent se confiner dans un travail scientifique; pour eux, l'accession à des fonctions administratives apporte peu d'avantages et de nombreux problèmes.

Comme il est hautement souhaitable que les scientifiques possédant des compétences et des connaissances techniques et ayant les qualités voulues pour accomplir un travail de supervision soient encouragés à assumer de telles fonctions, il faudrait trouver des moyens de rendre plus gratifiant le travail de superviseur. La principale récompense que reçoit un superviseur est de savoir que ses efforts sont appréciés par ses subalternes et ses propres superviseurs. Pour augmenter le degré de satisfaction des superviseurs, la direction de la CGC devrait entretenir une communication étroite avec les superviseurs de tous les niveaux et suivre de près le déroulement de leurs projets de façon à pouvoir souligner les réussites en temps opportun.

La responsabilité et l'autorité devraient être déléguées au plus bas niveau où elles peuvent encore être exercées de manière efficace (voir aussi la Section 5.1). Les cadres inférieurs devraient recevoir davantage de marques de confiance, comme la possibilité de participer à des conférences internationales, et avoir un mot à dire dans la sélection des membres de leur personnel qui assistent à des réunions, des ateliers, des congrès, etc.

Des récompenses pécuniaires devraient être accordées à des superviseurs dans les limites imposées par la politique gouvernementale. Il serait logique, par exemple, d'élever d'un cran le traitement d'un scientifique qui occupe un poste de superviseur. Ce principe aurait évidemment pour corrolaire de réduire d'un cran la rémunération d'un superviseur qui retourne à un travail exclusivement scientifique.

Les compétences en supervision pourraient être augmentées par des cours formels en techniques de gestion de projets, en relations humaines et en théorie de la gestion. Des affectations dans d'autres services de l'organisation, des projets spéciaux et des échanges avec le secteur privé sont d'autres moyens possibles.

Recommandations

La CGC devrait mettre sur pied un plan complet de formation et de remplacement à l'intention des superviseurs de tous les niveaux.

Il faudrait augmenter l'attrait des fonctions de supervision, en améliorant la communication avec les superviseurs, en déléguant davantage, en donnant des marques de confiance, etc.

Une formation en gestion de projets, en théorie de la gestion, en relations humaines et dans d'autres domaines liés à la supervision devrait être dispensée à tous les scientifiques qui remplissent des fonctions de chef ou superviseur de projet.

5.7 MORAL DES GÉOPHYSICIENS

Question

Comment se porte le moral des géophysiciens de la CGC depuis la fusion entre la DPG et l'ancienne CGC?

Contexte

Certains géophysiciens, tels ceux qui travaillent actuellement à la Section de la sismologie et de l'électromagnétisme de la Division de la lithosphère et du Bouclier canadien se sont dit très satisfaits de leur situation, alors que d'autres, comme ceux qui travaillaient auparavant au CGA, n'ont pas exprimé d'opinion favorable ou défavorable au sujet de la fusion. Cependant, le Comité a été étonné par le degré de mécontentement que les géophysiciens de la CGC ont montré au cours des entrevues. L'insatisfaction varie considérablement d'un groupe à l'autre et même à l'intérieur d'un même groupe, mais on la sent particulièrement profonde au Centre géoscientifique du Pacifique et, à Ottawa, chez les géophysiciens de l'exploration et certains géophysiciens de la DG. Plusieurs commentaires revenaient constamment :

- La réorganisation des dernières années a relégué les géophysiciens à des fonctions subalternes par rapport aux géologues, les a privés de certaines structures d'appui, a réduit leur poids dans le processus décisionnel, et a dévalué certaines activités géophysiques traditionnellement importantes, comme le développement des techniques d'exploration et l'observation sismologique.

- Beaucoup de géophysiciens travaillent en trop petit nombre pour constituer une «masse critique»; cette situation leur offre un environnement moins stimulant et fait que souvent leur travail est évalué par des non-géophysiciens.

. Fait encore plus important, les géophysiciens ne se sentent pas suffisamment appuyés dans certains travaux qu'ils jugent importants; ils ont donc l'impression que leurs compétences ne sont pas employées efficacement et que l'on consacre trop de temps à la recherche de moyens, qui trop souvent ne sont que des expédients.

Ces problèmes sont courants dans les organismes gouvernementaux partout dans le monde; ils sont attribuables à la diminution des budgets et aux changements de priorité imposés aux organismes, qui doivent désormais se concentrer sur des questions reconnues comme plus importantes pour le bien commun (la Perestroika a sûrement suscité beaucoup de mécontentement à Novossibirsk). L'important est de trouver une solution acceptable à ces problèmes.

Un des objectifs prioritaires de la CGC est axé sur l'aide aux industries des minéraux et du pétrole : fournir des cartes de base, définir le cadre régional et développer des techniques à long terme, pour prêter main forte à la libre entreprise lorsque la rentabilité des travaux est douteuse ou difficile à prévoir, ou lorsqu'une normalisation à l'échelle de l'industrie est souhaitable. Le fait de mettre l'accent sur les ressources naturelles, plutôt que sur les préoccupations environnementales comme c'est le cas à l'USGS par exemple, s'explique par la dépendance accrue de l'économie canadienne à l'égard des exportations de minéraux. Il faut noter cependant que cela est en train de changer (voir aussi la Section 7.3).

Aux yeux des géophysiciens, le fait de mettre de plus en plus l'accent sur l'étude des problèmes géologiques au détriment du développement technique crée une situation où les géologues ont plus d'influence que les géophysiciens. Cette observation ne s'applique pas cependant à l'exploitation des réseaux d'observatoires ni aux programmes nationaux de cartographie gravimétrique et aéromagnétique, qui constituent un objectif majeur de la CGC.

Par le passé, la communauté des géophysiciens de l'administration fédérale jouissait d'un bon appui et avait beaucoup de latitude pour décider quoi faire dans le contexte des programmes à vocation thématique. Or les compressions budgétaires, les changements de priorité et l'inflexibilité des règlements de la fonction publique font maintenant que certains chercheurs et petits groupes de chercheurs languissent et que leurs activités traditionnelles, devenues moins pertinentes dans le contexte actuel, reçoivent beaucoup moins d'appui. Cette situation aura des répercussions sérieuses sur le moral des employés, contre lesquelles on ne peut rien, sinon d'encourager des changements d'activité. Heureusement, ce problème n'affecte qu'une faible proportion des géophysiciens de la CGC.

Recommandations

La haute direction devrait faire tous les efforts possibles pour informer les mécontents des politiques qui les touchent et de les consulter autant que possible sur la façon de modifier et de mettre en oeuvre les politiques. (Le Comité

reconnaît la difficulté de la tâche compte tenu des compressions budgétaires, des délais avec lesquels l'information est transmise d'en haut, de l'allourdissement de la bureaucratie, etc.)

Le Comité considère que les recommandations faites à la Section 4.0 s'attaquent à un grand nombre de problèmes reliés au moral des géophysiciens.

5.8 PÉNURIE DE PERSONNEL DE SOUTIEN

Question

A de nombreux endroits, le personnel de soutien en techniques et sciences physiques n'est pas suffisamment nombreux, ce qui oblige les chercheurs scientifiques à consacrer une bonne partie de leur temps à des tâches qui relèvent de niveaux inférieurs.

Contexte

A la CGC, une année-personne est une année-personne peu importe la formation ou les compétences de l'employé. C'est pourquoi la politique d'embauche a consisté jusqu'ici à embaucher le maximum de candidats très qualifiés, comme des chercheurs scientifiques, et le minimum d'employés de soutien n'ayant pas une formation aussi poussée.

Le coût réel de la masse salariale n'est pas une préoccupation immédiate des directeurs, et les effets que peut avoir sur le moral des chercheurs scientifiques l'obligation d'exécuter de nombreuses tâches subalternes n'ont pas convaincu la haute direction de rechercher un meilleur équilibre dans la dotation des postes.

Recommandation

Déterminer le pourcentage de temps que chaque chercheur scientifique passe à des activités de soutien, établir des ratios convenables entre le nombre de chercheurs scientifiques et le nombre d'employés de soutien pour chaque groupe de scientifiques, et modifier la politique d'embauche actuelle de façon à atteindre ces ratios.

6.0 PROBLEMES LIÉS AU PRODUIT

6.1 PUBLICATION DES DONNÉES

Question : cartes, rapports, présentations

La CGC a-t-elle en place une politique d'examen adéquate pour s'assurer que le contrôle de la qualité est aussi efficace sur les présentations orales et les données numériques, que sur les rapports écrits et les cartes?

Contexte

La CGC, à titre d'organisation scientifique, et ses employés doivent absolument attirer sur eux le respect de la communauté scientifique nationale et internationale. Les publications et les présentations orales constituent des éléments essentiels des efforts déployés pour acquérir une bonne réputation, et aussi un élément important de la communication scientifique à laquelle la CGC devrait contribuer.

La CGC a la réputation bien méritée de produire des documents écrits de très haute qualité et des cartes de qualité exceptionnelle. Pour d'autres commentaires à ce sujet, voir la section sur les atlas des bassins.

Il est généralement nécessaire de condenser toute cette information sous une forme facile d'emploi. Les cartes traditionnellement produites par la CGC répondent à ce besoin et sont d'ailleurs très en demande. Les publications sont également utiles, dans la mesure où elles sont à jour, mais elles s'adressent à un public spécialisé assez restreint. Les exposés présentés à l'occasion des conférences peuvent être entendus par une centaine de chercheurs scientifiques qui représentent un éventail d'intérêts plus large. Les données numériques sont un véhicule de plus en plus important de l'information géoscientifique.

Le contrôle de la qualité exercé par la CGC sur ces quatre produits varie de systématique à minime. Les supports traditionnels de l'information, c'est-à-dire les cartes et les publications, sont soumis à une contrôle serré; par contre, le contrôle de qualité sur les présentations orales et les produits numériques est plutôt minime.

Les résultats d'un grand nombre de travaux de la CGC sont publiés dans des journaux scientifiques, mais pas avant d'avoir été soumis à une révision attentive faite en fonction des normes de qualité élevées de la CGC. Avant d'être publiés, ces travaux sont souvent présentés à l'occasion de conférences et de séminaires. Or le contrôle de qualité exercé sur ces présentations orales est minime. Étant donné que les scientifiques de la CGC s'imposent personnellement des normes élevées, la plupart de ces présentations sont bien préparées et bien présentées. Toutefois, il s'est présenté récemment des cas où un même rapport a été présenté par deux divisions différentes à l'occasion de la même conférence, où les diapositives utilisées étaient de mauvaise qualité, les discussions désorganisées, etc. Étant donné que les chercheurs scientifiques sont de plus en plus inondés d'une documentation qui est de moins en moins lue, la réputation des organisations telles que la CGC sera de plus en plus jugée d'après l'impact de ces présentations orales.

Recommandations

La CGC devrait veiller à appliquer les normes de qualité les plus élevées possibles à toutes les données publiées, en adoptant des procédures de contrôle interne qui devraient permettre une évaluation critique et la formulation de suggestions

constructives pour l'amélioration des produits. En particulier, il faudrait reconnaître l'importance de soumettre le matériel des conférences à un examen critique de la part des pairs et des superviseurs.

Comme il en est question ailleurs dans ce rapport, il importe d'établir des normes dans le cas de l'information géoscientifique produite en volume croissant sous forme numérique.

6.2 ATLAS DES BASSINS

Question

Les compilations effectuées sous forme d'atlas de bassin sont-elles des formes de publication appropriées à la CGC?

Contexte

Le rapport Slind sur l'évaluation du Programme géoscientifique des régions pionnières a produit des statistiques basées sur un échantillon de 112 réponses reçues du gouvernement, des universités et de l'industrie. Chaque type de produit utilisé pour diffuser les résultats du PGRP a reçu une cote exprimée en pourcentage de réponses «Très utile» obtenues :

Atlas	61 %
Cartes	51 %
Rapports	45 %
Dossiers publics	44 %
Mémoires	43 %
Journaux techniques	32 %
Recherches en cours	26 %

Le rapport Slind contient également les observations suivantes :

«Tous les types de produits de la Commission géologique sont utiles, mais quelques-uns conviennent mieux à certains projets que d'autres :

L'atlas est considéré comme un produit attrayant; il est préféré par tous les répondants, sauf les entrepreneurs. C'est toutefois une publication chère et longue à produire, qui pourrait être déjà périmée au moment de sa publication.

Les mémoires ont les mêmes avantages et désavantages que les atlas.

«Recherches en cours» et les journaux techniques sont les types de publication les moins appréciés, surtout à cause de l'éparpillement des données et de la pauvreté des données complémentaires et des illustrations.

Les cartes, les dossiers publics et les rapports sont appréciés parce qu'ils permettent de publier les résultats des recherches dans des délais raisonnables.

Un des gros reproches adressés à la Commission géologique du Canada est le long délai de publication des résultats des recherches. Les utilisateurs voudraient que des échéances de publication soient fixées et respectées, sans que la qualité de la recherche n'en souffre. Le Comité constate que souvent des retards appréciables surviennent aux centres de publication officiels. Une gestion judicieuse devrait pouvoir régler ce problème.» (Slind, 1988)

La compilation et la publication des atlas des bassins sont principalement l'idée et l'oeuvre du Centre géoscientique de l'Atlantique. Il a fallu, pour les produire, réunir des géologues et géophysiciens de plusieurs disciplines au sein de projets multidisciplinaires, ce qui est tout à fait conforme à la nouvelle optique de la CGC. Ces atlas fourniront aux utilisateurs une information et une bibliographie à la fois concises et exhaustives, et deviendront l'ouvrage de référence sur chacun des bassins.

Afin de publier ces atlas dans des délais raisonnables, le CGA s'adressera à des entreprises locales pour obtenir des services d'impression et de reliure. Comme beaucoup de scientifiques collaborant à la compilation de ces atlas participeront aussi activement aux dernières étapes de leur publication, ils devraient normalement être très fiers du produit final.

On prévoit de produire des atlas de bassins pour la Plate-forme du Labrador, les Grands Bancs, la Plate-forme Néo-Écossaise, la baie d'Hudson, le golfe du Saint-Laurent et la mer de Beaufort.

La Division de la Cordillère et de la marge du Pacifique (DCMP) exécute actuellement un vaste projet multidisciplinaire dans le bassin de la Reine-Charlotte, qui pourrait conduire à la publication d'un atlas de bassin.

Les projets multidisciplinaires s'écartent de l'approche traditionnelle voulant qu'il appartienne à chaque scientifique de publier ses propres données. Il faut encourager les publications conjointes, en particulier lorsqu'il s'agit d'un atlas de bassin.

Recommandations

L'atlas de bassin est une forme de publication fortement recommandée à la CGC.

Chaque division devrait revoir sa base de données actuelle en vue de publier une série d'atlas au cours de la prochaine décennie.

Pour accélérer le processus de publication (à moins d'une contre-indication de la politique officielle du gouvernement), ces atlas devraient être publiés dans l'une ou l'autre des langues officielles pendant que s'effectue leur traduction dans l'autre langue officielle.

6.3 ARCHIVAGE DES DONNÉES NUMÉRIQUES

Question

De plus en plus de données sont recueiilies ou conservées sous forme numérique. Il faut établir et maintenir des normes acceptables de catalogage et d'archivage de ces données.

Contexte

Des volumes considérables de données numériques recueillies sur le terrain, comme les enregistrements produits par les levés sismiques, sont actuellement ajoutés à la base d'information de la CGC. Or les systèmes utilisés pour le catalogage et l'archivage de ces données sont mal définis actuellement, et on risque donc d'égarer ou, à cause d'un entreposage inadéquat, de rendre inutilisables certaines données.

Il est d'usage d'entreposer des bandes de données numériques dans des milieux à température contrôlée, de faire tourner périodiquement les bobines dans leurs supports pour égaliser les tensions et l'étirement du matériau, et enfin de rembobiner périodiquement les bandes pour maintenir une tension uniforme. Ces mesures sont jugées nécessaires pour que les données enregistrées sur bandes numériques demeurent lisibles pendant plusieurs décennies.

Le Comité n'a pu établir clairement s'il y a une personne à la CGC qui est chargée de contrôler le catalogage de ces données et de voir à la mise en oeuvre d'une procédure d'archivage adéquate.

Recommandation

Le géophysicien en chef devrait revoir les procédures actuelles et, en collaboration avec les divisions, établir toute une procédure de catalogage et désigner des lieux propices à l'archivage des données.

6.4 NORMES RELATIVES AUX DONNÉES NUMÉRIQUES

Question

La CGC n'a pas de politique coordonnée en ce qui concerne l'achat d'ordinateurs et de progiciels, ni de normes concernant la développement des logiciels ainsi que l'acquisition, la transmission, le traitement, la distribution et le stockage des données numériques.

Contexte

A titre de source de normes dans le domaine des sciences de la terre au Canada, la CGC a joué un rôle majeur au fil des ans dans l'élaboration des normes concernant les classifications géologiques, la cartographie et la base nationale de données gravimétriques.

Malheureusement, cet effort de normalisation n'a pas été étendu aux bases de données géoscientifiques en général, ni aux équipements et logiciels d'ordinateur. Chaque centre de la CGC visité par le Comité a sa propre façon de procéder; il en résulte une prolifération de systèmes de base de données, de formats numériques et de progiciels, et un véritable fouillis d'ordinateurs de toutes sortes.

La diversité des équipements d'informatique conduit à des inefficacités et à des coûts plus élevés. Les logiciels achetés pour un VAX sont généralement incompatibles avec un CONVEX, un poste de travail CDC ou un IBM PC. Les logiciels mis au point par la CGC sur une machine donnée doivent être modifiés pour fonctionner sur d'autres marques d'ordinateur. L'accès à des données conservées sur un système de base de données ne peut se faire qu'avec des machines utilisant le même système.

Quelques-uns de ces problèmes ont déjà été relevés à la CGC :

> «La CGC a la possibilité d'acquérir des données sismiques de l'industrie, mais il lui faut d'abord établir des priorités, des budgets et un **système d'archivage**. L'acquisition et le développement de bases de données nécessitent une amélioration des échanges de données entre scientifiques à la grandeur de la CGC. Il s'ensuit la nécessité de trouver de meilleures façons de présenter ces données au public (par exemple, au moyen d'atlas, par la vente de disques).
>
> «On s'accorde de plus en plus à reconnaître l'importance croissante des technologies numériques dans la diffusion des données géoscientifiques, la nécessité de mettre l'accent sur les synthèses dans nos bases de données, la nécessité de fabriquer des produits sur mesure, la nécessité de raviver notre programme national de cartographie géoscientifique, ainsi que l'importance capitale de transmettre efficacement notre expertise aux divers clients pour lesquels nous oeuvrons.
>
> «En tête de liste des progrès réalisés en sciences et technologie, se trouvait le **matériel informatique servant à l'acquisition, au stockage et à la distribution** de toutes les formes d'information géoscientifique. [...] cette technologie est essentielle pour que la CGC puisse communiquer son information et son expertise à ses clients et utilisateurs dans un court délai. Ces utilisateurs réclament des données numériques, un accès rapide, des positions exactes, etc., et à moins de se doter des outils nécessaires pour répondre à ces besoins, la CGC deviendra de moins en moins utile.»

[Rapport interne de la CGC]

L'équipe chargée de l'archivage et de la distribution des données au Centre géoscientifique de l'Atlantique a étudié les normes d'information cartographique numérique en usage à l'USGS et adopté la norme DLG3 pour une partie de ses cartes. Le CGA a agi indépendamment des autres groupes de la CGC ou d'EMR.

Le ministre d'État aux Forêts et aux Mines a récemment (1988) annoncé un programme de 16 millions de dollars appelé le Système d'information géographique afin de produire des cartes informatisées. Sans une coordination adéquate, la CGC ne pourra faire un usage optimal de ce système.

L'American Association of Petroleum Geologists a un comité des normes de bases de données où siègent des sociétés pétrolières américaines, britanniques, françaises et hollandaises, d'importantes sociétés de services informatiques, des commissions géologiques nationales, ainsi que l'USGS. Un exemple du travail accompli par ce comité a été publié dans le numéro de mai 1988 de Geobyte. La CGC n'est pas représentée à ce comité. La CGC n'a pas de groupe chargé d'élaborer des normes pour l'usage interne et la diffusion externe de la majeure partie de l'information géoscientifique disponible sous forme numérique.

Recommandations

La CGC devrait établir et maintenir des normes relatives à l'acquisition des équipements et logiciels d'ordinateur, à la mise au point des logiciels et à l'utilisation des bases de données numériques. Elle devrait former, aux fins de l'établissement de ces normes, un comité où siégeraient des représentants de chaque division ainsi que le géophysicien en chef. Il est recommandé d'inviter des experts de l'extérieur à participer aux travaux de ce comité.

Une fois des normes établies, ce comité devrait examiner tous les projets d'achat, de développement ou de production dans le domaine de l'information numérique, afin de s'assurer que les normes sont respectées. La CGC devrait être représentée à des réunions de normalisation internationales, comme celles que tient l'AAPG.

6.5 BASES DE DONNÉES NATIONALES

Question

Il faut reconsidérer les spécifications relatives à l'acquisition des données gravimétriques et aéromagnétiques, pour s'assurer que les besoins des utilisateurs sont satisfaits.

Contexte

Les spécifications relatives à l'acquisition de données géophysiques de haute qualité doivent être établies en consultation avec un large éventail d'utilisateurs

de ces données. Certaines normes peuvent être acceptables pour un scientifique qui étudie les processus à grande échelle intervenant dans le développement des bassins, mais ne pas convenir à un autre scientifique dont l'objet d'étude est plus local. Il est généralement possible de satisfaire les besoins d'une diversité d'utilisateurs, à condition que ceux-ci soient consultés à l'étape de la conception des levés.

En recueillant les avis d'un large éventail d'utilisateurs, on peut améliorer sensiblement la qualité des données obtenues, souvent sans augmentation des coûts. Un exemple de consultation ayant procuré des avantages sensibles est le levé aéromagnétique exécuté en 1984 au-dessus du bassin de l'est de Terre-Neuve par une équipe regroupant des représentants de la CGC et de l'industrie pétrolière, levé au cours duquel le Système de positionnement global (SPG) a été utilisé pour la première fois à la demande de l'industrie. La qualité de la navigation a surpassé de loin celle des levés précédents, et le SPG est devenu depuis la norme en matière de navigation. Un exemple controversé est un autre levé aéromagnétique exécuté en 1987 au-dessus de l'archipel de la Reine-Charlotte. Au lieu de voler à une altitude constante, le levé a été exécuté à une hauteur constante au-dessus de l'altitude moyenne du terrain. Ce type de technique d'enregistrement permet d'obtenir des profils acceptables pour l'interprétation des anomalies locales, qui satisfont peut-être les besoins de certains utilisateurs mais qui sont difficiles à combiner de manière à former un réseau de lignes permettant un traitement et une interprétation dans le plan horizontal.

La Base nationale de données gravimétriques est abondamment utilisée par les géoscientifiques au Canada. Les données fournies ne comportent pas encore toutes les corrections de terrain internes, de sorte qu'elles ne sont pas aussi exactes qu'elles pourraient l'être. Après des consultations avec les utilisateurs, on a décidé de modifier le format du fichier des données gravimétriques pour y ajouter cet élément d'information lorsqu'il est disponible.

La Division de la géophysique est à mettre au point une Base nationale de données magnétiques qui fait pendant à la Base nationale de données gravimétriques. On admet qu'il faudra beaucoup de travail pour uniformiser les données provenant de plusieurs levés différents. Il devrait en résulter en bout de ligne un excellent ensemble de données qui permettra des interprétations assistées par ordinateur sur de grandes étendues de terrain.

Le Comité constate que la Division de la géophysique a actuellement deux comités qui travaillent à des normes des levés aéromagnétiques et à des normes d'échange et d'archivage de données. Les deux sont des sous-comités du Comité des levés géologiques naturels.

Recommandation

Les spécifications relatives à l'acquisition des données à verser dans les bases nationales de données géophysiques devraient être revues périodiquement par un comité où la CGC et les utilisateurs de l'extérieur sont représentés.

6.6 TRANSMISSION RAPIDE DES DONNÉES

Question

Il faut mettre en place les réseaux nécessaires pour transmettre rapidement aux centres de télétraitement informatique les données numériques provenant des observatoires et des utilisateurs.

Contexte

Actuellement, la CGC reçoit des données de plusieurs systèmes de saisie et de transmission de données d'observatoires, grâce à des installations de télécommunication au sol.

Le besoin de scientifiques capables de traiter à distance des données sismiques augmente la nécessité d'un réseau de transmission à haute capacité. Le système de télécommunication actuellement utilisé par le groupe de modélisation géodynamique au CGA est dépassé.

D'autres organismes gouvernementaux, comme le CNRC, évaluent actuellement des systèmes de communication par satellite. Est-ce que l'acquisition d'un réseau de communication par satellite serait une solution rentable à la CGC pour la transmission de données fournies par des stations d'observation, des équipes scientifiques sur le terrain et des divisions éloignées? La CGC pourrait être en mesure de participer à l'exploitation d'un réseau conjoint.

Recommandation

La CGC devrait analyser ses besoins en transmission de données et, si cette solution s'avère rentable, se doter d'un réseau de transmission de données à haute capacité qui répondrait aux besoins de ses géoscientifiques.

6.7 ÉQUIPEMENT INFORMATIQUE À HAUTE CAPACITÉ

Question

Les géophysiciens de la CGC ont de plus en plus besoin d'équipement informatique à haute capacité dans des domaines tels que la modélisation géodynamique, le traitement des données sismiques et la modélisation gravimétrique et magnétique à trois dimensions.

Contexte

Le groupe de modélisation géodynamique au CGA achète du temps d'utilisation d'un ordinateur CRAY qui se trouve à Dorval et auquel il a accès par une ligne de télécommunication à faible capacité. Il existe à trois endroits des systèmes de traitement sur micro-ordinateur Vax qui servent au traitement de données sismiques (réflexion et réfraction) à petite échelle. Ces systèmes ne suffisent pas à la tâche compte tenu de l'énorme volume de données sismiques à traiter. Une division, à Ottawa, possède un ordinateur Convex, mais celui-ci a une capacité limitée de traitement de données sismiques. Le centre de traitement sismique de Lithoprobe est entièrement opérationnel à Calgary; il utilise d'excellents logiciels commerciaux de traitement sismique et a une capacité excédentaire durant certaines périodes.

Les observations formulées ailleurs dans ce rapport sur le manque de planification globale et de coordination des activités de développement dans le domaine des données numériques s'appliquent également ici.

Recommandations

Le comité de normalisation des données numériques (voir la Section 6.4) devrait également analyser les besoins informatiques de la CGC et établir un plan permettant de fournir, de manière rentable, l'équipement informatique dont ont besoin les géophysiciens de la CGC.

L'utilisation de l'ordinateur Convex que possède déjà la CGC devrait être considérée pour les études en géodynamique, en modélisation gravimétrique et magnétique, etc.

7.0 ORIENTATIONS NOUVELLES ET CHANGEMENTS DE PRIORITÉ

Dans les limites de son mandat général, la CGC devrait modifier l'ordre de priorité et la nature de ses activités en fonction des changements observés dans les priorités et les besoins nationaux.

Le Comité a relevé quelques activités auxquelles la CGC devrait selon lui accorder une importance accrue ou donner une orientation nouvelle compte tenu des conditions qui existent et des tendances qui se dessinent actuellement au Canada.

7.1 PROGRAMME CANADIEN DES FORAGES CONTINENTAUX

Le Programme canadien des forages continentaux (PCFC) est une initiative importante en sciences de la terre. Il vise à complémenter, par de l'information recueillie dans des sondages, les données géologiques et géophysiques concernant la nature de la croûte continentale, en particulier les données obtenues dans le cadre du programme Lithoprobe. S'il fonctionne comme prévu, le PCFC aura des

retombées favorables sur la recherche géoscientifique au Canada et du même coup sur la CGC. Au moins un scientifique de la CGC participe activement à la planification du PCFC; plusieurs scientifiques participent à la préparation de certains projets de forage.

La mise sur pied du PCFC aura des effets sur la géophysique à la CGC. Les trous de forage pourront être le lieu de certaines expériences en géophysique. Les données recueillies dans les sondages aideront à l'étalonnage des interprétations géophysiques. Tout forage devra nécessairement être précédé de certaines études géophysiques préliminaires. Le soutien logistique de la CGC facilitera le développement et l'élaboration du programme. La CGC aurait avantage à appuyer ce programme, non seulement par une contribution financière mais aussi en encourageant la participation de ses scientifiques. Il faudra également établir un important centre d'entreposage de carottes et un laboratoire pour mesurer les propriétés physiques des roches; la CGC serait l'endroit tout indiqué pour contenir ces installations nationales.

Recommandations

Avant qu'un forage ne soit entrepris, il faudra procéder à de vastes études géophysiques de surface dans la région où les forages doivent avoir lieu. Il faudra y inclure des données sismiques (réflexion), gravimétriques, magnétiques, électromagnétiques et magnétotelluriques. Une fois le forage achevé, l'on devra faire des mesures avec tous les outils de diagraphie fond-de-trou disponibles, et obtenir des profils sismiques verticaux en se servant à la fois des ondes de compression et de cisaillement. Les sources fond-de-trou et récepteurs de surface disponibles devraient également être utilisés.

Si le PCFC se réalise, le soin de constituer le centre national d'entreposage de carottes devrait être confié à la CGC, puisque c'est le seul organisme national ayant le mandat et l'expérience voulus pour le faire. Comme les carottes devront être soumises à des mesures des propriétés physiques, il faudra en même temps créer un laboratoire d'analyse des propriétés des roches (voir aussi la Section 7.6).

7.2 RISQUE DE MÉGASÉISMES DE SUBDUCTION

Le risque que se produise un mégaséisme de subduction (magnitude de 8 ou plus) associé à la zone de subduction Cascadia au large de la côte sud-ouest du Canada est un sujet controversé. Des preuves scientifiques s'accumulent, qui démontrent qu'un tel tremblement de terre est plausible (Dragert et Rogers, 1988). Un événement sismique de cette importance sur la côte ouest aurait de lourdes conséquences économiques et sociales. A ce sujet, la CGC a préparé un Mémoire au Cabinet (dont une version datée du 14 janvier 1988) a été mise à la disposition du Comité), où il est recommandé «un nouveau programme géoscientifique pour évaluer le risque d'un tremblement de terre catastrophique dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique».

Recommandation

Le Comité appuie vivement le projet d'évaluation du risque d'un mégaséisme dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique. **Il conviendrait d'allouer à ce projet de nouvelles ressources financières et humaines**. Cette recommandation s'ajoute aux autres concernant le CGP.

7.3 CHANGEMENT GLOBAL

Le Comité a examiné le volet géophysique de l'étude du «changement global» et suggère plusieurs possibilités de recherches de plus en plus importantes sur le plan social. Premièrement, il conviendrait de mettre au point des méthodes qui permettraient de définir la géométrie souterraine et la croissance temporelle des panaches de pollution électrolytiques. La question des contaminants enfouis est étroitement reliée. Deuxièmement, il y aurait lieu de créer une équipe d'étude multidisciplinaire pour améliorer les méthodes géophysiques employées dans la recherche des nappes d'eau souterraine. Dans beaucoup de régions habitées, les régimes d'écoulement des eaux souterraines se modifient de plus en plus rapidement, au rythme du développement. L'approvisionnement en eau est réduit et, dans certaines régions, la rareté des ressources en eau nuit au développement.

L'homme fait subir à l'environnement des changements rapides et considérables : pollution des cours d'eau, des lacs et des océans par le déversement de déchets toxiques, contamination de la surface terrestre par des déchets municipaux et chimiques, acidification de nos lacs par l'accumulation de gaz sulfureux et azotés dans l'atmosphère, destruction de la couche d'ozone dans la stratosphère en présence de fluorocarbures chlorés, infiltration d'eaux souterraines salines à cause des pratiques agricoles basées sur l'irrigation dans les régions semi-arides, surexploitation des aquifères d'eau douce dans les régions côtières, effet de serre dû aux énormes quantités de CO^2 libérées dans l'atmosphère par la combustion des combustibles fossiles et destruction simultanée de vastes étendues de forêts tropicales et tempérées.

Si la CGC ne peut agir directement sur la source de ces changements, il peut néanmoins contribuer à en observer l'étendue et à y faire face, sinon à les contrer.

On trouvera un bon exposé sur les changements environnementaux et sur le rôle de la CGC à cet égard dans les sections 5.5, 5.6 et 5.7 de Mapping the Landscape (Church, 1987).

Dans la plupart des cas, les effets susmentionnés du changement global se traduisent par une détérioration quantative et qualitative des eaux superficielles et souterraines. La CGC possède une expertise géophysique qui pourrait être mise à contribution dans l'étude de ces problèmes.

Dans la plupart des études techniques et environnementales de la subsurface, les analyses se font en grande partie par forage. L'utilisation de méthodes

géophysiques dans ces études n'est pas considérée comme une «pratique courante» au Canada. Dans d'autres pays, la géophysique est de plus en plus utilisée à ces fins. Il est de plus en plus difficile pour les assureurs de garantir une protection, à des tarifs raisonnables, contre les risques associés au sous-sol; en même temps, la réglementation environnementale rend les entrepreneurs responsables des dommages pouvant être causés. Il est absolument nécessaire d'améliorer les méthodes d'étude du sous-sol et, par le biais de projets multidisciplinaires, de proposer des méthodologies efficaces aux grands cabinets d'ingénieurs et aux municipalités, de façon à encourager l'adoption d'une «pratique standard» dans ce domaine.

La Section des méthodes électriques de la Sous-division de la géophysique d'exploration, à la Division des ressources minérales, a l'expertise nécessaire pour cartographier la conductivité des matériaux proches de la surface. La conductivité de ces matériaux est largement fonction de la teneur ionique des eaux de surface, et de la teneur ionique et du volume des eaux souterraines dans ces régions. Ainsi donc, la conductivité de l'eau stagnante reflète son acidité ou son degré de pollution, et la conductivité des sédiments proches de la surface reflète le volume, la salinité ou le degré de pollution des eaux souterraines qui y circulent.

La cartographie de la conductivité peut facilement être réalisée sur de grandes étendues à l'aide de systèmes commerciaux de levé électromagnétique aérien (par avion ou hélicoptère), au sujet desquels la Section des méthodes électriques possède une ample expertise. Des cartes de conductivité plus détaillées, élaborées au moyen de méthodes électromagnétiques terrestres standard ou récemment mises au point, fourniraient de l'information à une échelle appropriée à l'étude des problèmes tels que celui des déversements de déchets toxiques.

Les compétences que possède la Division de la science des terrains de la DLBC dans les domaines de la sismique des faibles profondeurs et du sondage radar au sol pourraient aussi contribuer à résoudre des problèmes reliés au déversement des déchets et à la distribution des eaux souterraines.

Le Comité est d'avis que l'une des façons pour la CGC de contribuer à résoudre ces problèmes serait de lancer des programmes multidisciplinaires, qui comporteraient des travaux en géologie, en géochimie et en géophysique, dans le but de mettre au point la méthodologie appropriée à l'étude de ces problèmes.

Il ne devrait pas être nécessaire de mettre au point de nouveaux instruments dans aucun de ces programmes, car des instruments adéquats (aériens ou terrestres) existent déjà au Canada, soit à la CGC, soit dans le secteur privé. Il pourrait être nécessaire, cependant, d'améliorer les méthodes de traitement et d'interprétation des données.

Pour qu'elles aient leur place dans un programme de décontamination ou d'observation de sites pollués, les méthodes géophysiques doivent pouvoir décrire avec précision la zone cible souterraine par rapport aux régions non contaminées.

Or, étant donné que la zone cible est fréquemment recouverte d'une stratigraphie complexe dont les propriétés physiques sont souvent inconnues, il est recommandé d'exécuter des forages, des diagraphies et des mesures sur place en plus des levés de surface, et d'établir et de publier des études de cas.

Certaines techniques expérimentales, comme l'utilisation de lasers aéroportés, pourraient aider à recueillir des données supplémentaires au sujet de la qualité des eaux de surface, par exemple sur leur teneur en matière organique. Il existe un rapport direct entre la teneur des lacs en matière organique et leur capacité à entretenir la vie aquatique.

Dans les efforts consacrés aux eaux souterraines, il conviendrait de mettre l'accent sur le développement des méthodes, et il est fortement recommandé de poursuivre cette activité en collaboration avec les commissions géologiques provinciales. Une équipe d'étude multidisciplinaire devrait également être constituée pour cette activité.

Le Comité ignore dans quelle mesure la CGC est libre d'entreprendre l'étude de problèmes environnementaux sans empiéter sur les sphères de responsabilités des ministères fédéral et provinciaux de l'environnement. Il est clair, cependant, que l'expertise géophysique nécessaire à l'étude de ces problèmes se trouve à la CGC, et qu'elle devrait être mise à contribution.

Il est à noter que les équipes de géophysiciens de la CGC qui seraient les plus aptes à travailler à ces programmes sont actuellement sous-utilisées en raison d'un manque de programmes multidisciplinaires qui leur conviennent (voir la Section 3.7.4).

Diverses études géologiques pourraient également être exécutées. Un grand nombre de formations du Mésozoïque dans les provinces des prairies canadiennes renferment des eaux à très basse salinité. Il existe d'excellents réservoirs de grès, et ces eaux sont continuellement renouvelées à la faveur d'un gradient hydrodynamique d'ouest en est. Si ces eaux ont une salinité suffisamment basse et qu'elles puissent être extraites en volumes suffisants à faible profondeur, on pourrait disposer, pour l'irrigation, d'une source d'eau renouvelable. La CGC a actuellement les données et les compétences scientifiques voulues pour évaluer facilement la possibilité d'exploiter cette source d'eau.

Recommandation

La CGC devrait envisager de mettre à contribution ses ressources géophysiques actuelles dans l'étude des problèmes posés par le «changement global».

7.4 TÉLÉDÉTECTION

Question

L'expertise en télédétection se trouve dans un autre secteur d'EMR, et la CGC ne semble pas avoir largement recours aux techniques de télédétection.

Contexte

Aucun des scientifiques consultés n'a fait mention des techniques de télédétection. Compte tenu des difficultés à organiser des projets muldisciplinaires, même lorsque tous les scientifiques travaillent pour la CGC, il est probable que l'on utilise peu ces techniques, sinon pas du tout, dans le cadre des travaux de cartographie géologique.

> «Les recherches sur l'application de la télédétection à l'exploration minérale comprennent maintenant des projets réalisés conjointement avec l'industrie. Les images Landsat s'annoncent très utiles pour identifier des linéaments rocheux associés à des zones minéralisées dans le nord de la Saskatchewan. La possibilité d'employer des données Landsat pour observer les contraintes exercées sur la végétation par les débris de roches ultramafiques est actuellement étudiée dans la ceinture d'amiante de la région de Thetford Mines, au Québec. Au moyen de méthodes de traitement et d'analyse d'images, on a intégré des données Landsat, de l'information géologique digitalisée, la géochimie des bassins versants et d'autres paramètres afin de prévoir la minéralisation des skarns de tungstène associés à des intrusions basiques dans la région de Nahanni, au Yukon.» [Rapport annuel 1986/87 de la CGC]

On ne sait pas s'il sera question ou non des données de télédétection dans les plans futurs. Le projet de refonte des cartes géologiques à 1/250 000 aux fins de l'exploration minérale dans les Territoires du Nord-Ouest ne font aucunement mention de ces techniques. Notons cependant que le groupe de planification des ressources minérales a déclaré ce qui suit :

> «L'intégration des données et l'analyse des images (ce qui comprend une intégration plus systématique des données de télédétection obtenues par **satellite**) sont perçues comme des voies importantes à suivre dans la mise au point de méthodes plus sophistiquées de cartographie exploratoire et régionale.» (Rapport interne de la CGC)

Recommandation

Afin d'utiliser davantage les techniques de télédétection dans les projets de cartographie de la CGC, il conviendrait de mettre sur pied, par l'intermédiaire du bureau du scientifique en chef, un comité officiel de liaison qui réunirait des représentants de la CGC et de la Direction de la télédétection et qui aurait pour

tâche d'examiner les projets de cartographie géologique pour voir les possibilités d'utilisation de techniques de télédétection.

7.5 PRIORISATION DES MÉTAUX COMMUNS

De nombreuses sources d'information font état de l'épuisement des réserves connues de la plupart des métaux communs au Canada durant la dernière décennie. Par exemple, la mise à jour du plan annuel des sciences et technologies d'EMR en date du 17 mai 1988 signale (page 15) que «la découverte de gisements de métaux communs au Canada a diminué à un point tel que la demande projetée pourrait dépasser l'offre d'ici 3 à 5 ans.»

Cette diminution des réserves s'explique facilement. Les prix très faibles qui ont prévalu de 1982 à 1987 n'ont apporté ni la source de motivation ni les fonds nécessaires à l'exploration des métaux communs au Canada durant cette période.

Un autre facteur qui explique le manque d'intérêt pour l'exploration des métaux communs durant cette période réside dans la science même de l'exploration minérale. Au moment même où l'on avait pratiquement épuisé tous les moyens de découvrir des métaux communs dans les régions les plus accessibles et les plus favorables sur le plan géologique, on a cessé de chercher de nouvelles méthodes.

La méthode électromagnétique aérienne, par exemple, est une technique qui a été appliquée avec succès à l'exploration des métaux communs, et qui en 1982 avait atteint un stade avancé de son développement. Depuis la première découverte qu'elle a permis de réaliser (Heathe Steele, Nouveau-Brunswick), en 1953, elle a été largement utilisée à travers le Canada; on lui doit la découverte d'un grand nombre de gisements polymétalliques (par exemple, Mattagami, Poirier, Kidd Creek, Thompson) et même des camps miniers complets.

La méthode électromagnétique aérienne permettra certes de réaliser d'autres découvertes de métaux communs, mais il est très peu probable que des gisements géants de l'ampleur de ceux de Kidd Creek et de Mattagami seront découverts dans les régions raisonnablement accessibles du Canada. Nous aurons manifestement besoin de nouveaux outils et de nouvelles techniques lorsque reprendra la recherche des gisements de métaux communs au Canada, sinon c'est la loi des rendements décroissants qui prévaudra et alors les recherches ne pourront être rentables. La technologie de la géophysique minière serait un élément important de cette nouvelle initiative de la CGC, puisque la recherche de nouveaux gisements de métaux communs devra se faire à des profondeurs toujours plus grandes.

Recommandations

Le Comité appuie fermement la décision prise par la CGC de consacrer 10 % du budget annuel de la Division des ressources minérales à l'avancement de la science de l'exploration minérale. Les études à exécuter, pour être vraiment

efficaces, doivent être multidisciplinaires (géologie, géophysique et géochimie). En outre, elles devraient être faites de concert avec le secteur privé, qui est en mesure de fournir des sites d'essai et de l'information géologique détaillée (en trois dimensions), et avec les universités, qui peuvent se charger des études auxiliaires en laboratoire.

Voici certains volets de la recherche dans le domaine de l'exploration minérale, auxquels la CGC devrait participer :

- Soumettre des gisements connus à des études multidisciplinaires pour en déterminer les paramètres et les signatures caractéristiques, à l'aide des méthodes et des instruments actuellement disponibles.

- Mettre au point des méthodes de traitement et de présentation de données qui peuvent utiliser la totalité des données multidisciplinaires, pour augmenter l'efficacité de l'ensemble (approche fondée sur l'intercorrélation).

- De concert avec le secteur privé et les universités, mettre au point de nouvelles techniques d'exploration minérale et les mettre à l'essai à des sites dont les propriétés géologiques sont connues.

- Intégrer à l'environnement de l'exploration le cadre tectonique régional dans lequel les gisements minéraux se sont formés.

7.6 LABORATOIRE DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES ROCHES

Les scientifiques de la CGC obtiennent régulièrement des données sismiques (réflexion et réfraction), gravimétriques, magnétiques et radiométriques de haute qualité, dans le cadre des travaux internes et des travaux menés en collaboration avec d'autres. La connaissance des propriétés physiques des roches qui se trouvent à la surface ou à proximité de la surface facilite considérablement l'analyse et l'interprétation approfondies de ces données. Les propriétés physiques en question sont la masse volumique, la susceptibilité magnétique, l'aimantation rémanente, les vitesses sismiques des ondes de cisaillement et de compression, la conductivité électrique, la production de chaleur radioactive, la porosité et l'anisotropie (variation des propriétés en fonction de la direction des mesures). Il faut connaître un grand nombre de ces propriétés pour les conditions (pression, température, humidité, degré de saturation) correspondant aux profondeurs d'étude.

Au Canada, les équipements requis pour exécuter certaines des mesures dont on a besoin sont limités. L'archivage de l'information n'est pas centralisé. Pourtant, cette information est presque aussi importante pour le géophysicien que les échantillons de roche pour le géologue. La CGC est logiquement l'organisme national ayant le mandat, la permanence et les ressources(?) nécessaires pour établir et maintenir un laboratoire des propriétés physiques et la base de données correspondante.

La CGC possède à notre connaissance trois laboratoires où l'on mesure certaines propriétés des roches. Deux sont des laboratoires paléomagnétiques (voir la Section 3.5), dont un est situé au CGP et l'autre à Ottawa, à la Section du paléomagnétisme de la DLBC. Le troisième se trouve à la Section des méthodes électriques de la Sous-division de la géophysique d'exploration, Division des ressources minérales (voir la Section 3.7.4).

Dans les recommandations présentées en 3.7.4, il est suggéré de réunir les deux laboratoires d'Ottawa en un seul à vocation plus générale. Ce laboratoire pourrait mesurer tout l'éventail des propriétés physiques énumérées ci-dessus, à l'intention des scientifiques de la CGC et de ceux de l'extérieur.

Recommandations

La CGC devrait établir une base nationale de données sur les propriétés des roches, adaptée aux besoins de tous les scientifiques du pays (à la manière des programmes de cartographie gravimétrique et magnétique) et, plus particulièrement, aux besoins des programmes multidisciplinaires de la CGC.

Conformément à d'autres recommandations du Comité (par exemple en 3.7.4 et 3.7.6), on pourrait affecter à cette tâche les ressources sous-utilisées à la Section des méthodes électriques et à la Section de la géophysique des sondages, Sous-division de la géophysique d'exploration, Division des ressources minérales. Au début, cette base de données pourrait servir de centre d'archivage/d'information pour tout le Canada; à mesure qu'elle se développerait, des améliorations ou des additions pourraient être apportées aux équipements de mesure.

Le laboratoire des propriétés physiques pourrait logiquement être combiné à la Section du paléomagnétisme de la DLBC, à Ottawa.

La CGC devrait informer la communauté géoscientifique canadienne de cette nouvelle activité, normaliser l'information sur les propriétés physiques des roches et faire appel aux bases de données existantes pour commencer le programme.

8.0 COMITÉ CONSULTATIF EXTERNE PERMANENT DE LA GÉOPHYSIQUE AUPRES DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

Le Comité recommande la création d'un comité consultatif permanent de la géophysique auprès de la CGC.

Pour un maximum d'efficacité, il devrait se composer de deux représentants du milieu universitaire, de l'industrie pétrolière, de l'industrie minière et des commissions provinciales du Canada. Il devrait y avoir une bonne répartition géographique des membres, et la communauté francophone devrait être représentée au sein de ce comité.

Certains membres pourraient être nommés par des associations professionnelles (comme la CSEG et la KEGS dans le cas des représentants de l'industrie pétrolière et de l'industrie minière). Les mandats des membres devraient être de deux ou trois ans, échelonnés de façon à ce que la moitié ou le tiers des membres soit renouvelé chaque année.

Un article des règlements devrait prévoir la dissolution automatique du comité à un moment déterminé, à moins qu'il ne soit jugé utile de maintenir le comité pour telle ou telle raison.

La principale fonction du comité serait d'évaluer et de commenter l'efficacité, la pertinence et la viabilité technique de la géophysique à la CGC. Il pourrait encourager et orienter les projets de géophysique et améliorer la communication entre la CGC et ses clients au Canada. Il pourrait fournir de l'information sur des innovations techniques produites à l'extérieur de la CGC, et formuler des suggestions quant à des projets futurs. Il devrait prendre connaissance du présent rapport et voir à la mise en oeuvre de ses recommandations.

Le comité permanent devrait se réunir au moins une fois l'an, de préférence durant le cycle de planification des projets, pour faire le point sur les réalisations récentes et les projets futurs.

BIBLIOGRAPHIE

Church, M., 1987. Mapping the Landscape; Report of the Canadian Geoscience Council Advisory Committee to the Geological Survey of Canada on outputs in Quaternary and Engineering Geology; Geological Survey of Canada Paper 87-24.

Department of Science and Technology, 1987. A Decision Framework for Science and Technology.

Devenny, D. W. and Jardine, D., 1986. An Overview of Geoscience R&D in the Canadian Petroleum Industry; A study conducted on behalf of the Canadian Geoscience Council, the Geological Survey of Canada and the Canadian Petroleum Association.

Dragert, H. and Rogers, G. C., 1988. Could a megathrust earthquake strike southwestern British Columbia? Geos, 17, no. 3, 5-8.

Garland, G. D., 1986. Lithoprobe, the Third Dimension, Phase II Proposal; submitted to the Natural Science and Engineering Research Council and the Department of Energy, Mines and Resources.

Garland, G. D., 1987. Report of the Review Committee on the Earth Physics Branch; Geological Survey of Canada Paper 87-24.

Geological Survey of Canada, 1986. The Geological Survey of Canada, Past and Present; Geological Survey of Canada Miscellaneous Report 45.

Ghent, E. D., 1988. Report for 1987-88 on enrolment and graduation in Canadian earth science departments. Unpublished report dated June 17 submitted to the Council of Chairmen of Canadian Earth Science Departments, 14 pp.

Naldrett, A. J., 1985. The Geosciences in Canada, 1985, Part 2: Report of the Canadian Geoscience Council Advisory Committee on Mineral Deposits Research at the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada Paper 85-6, Part 2.

Sharpton, V. L., Grieve, R.A.F., Thomas, M. D., and Halpenny, J. F., 1987. Horizontal gravity gradient: an aid to the definition of crustal structure in North America. Geophysical Research Letters, 14, 808-811.

Slind, O. L., 1988. Evaluation of the Geological Survey of Canada's Frontier Geoscience Program; Program Evaluation Group, Energy Mines and Resources Report No. PE 131/1988.